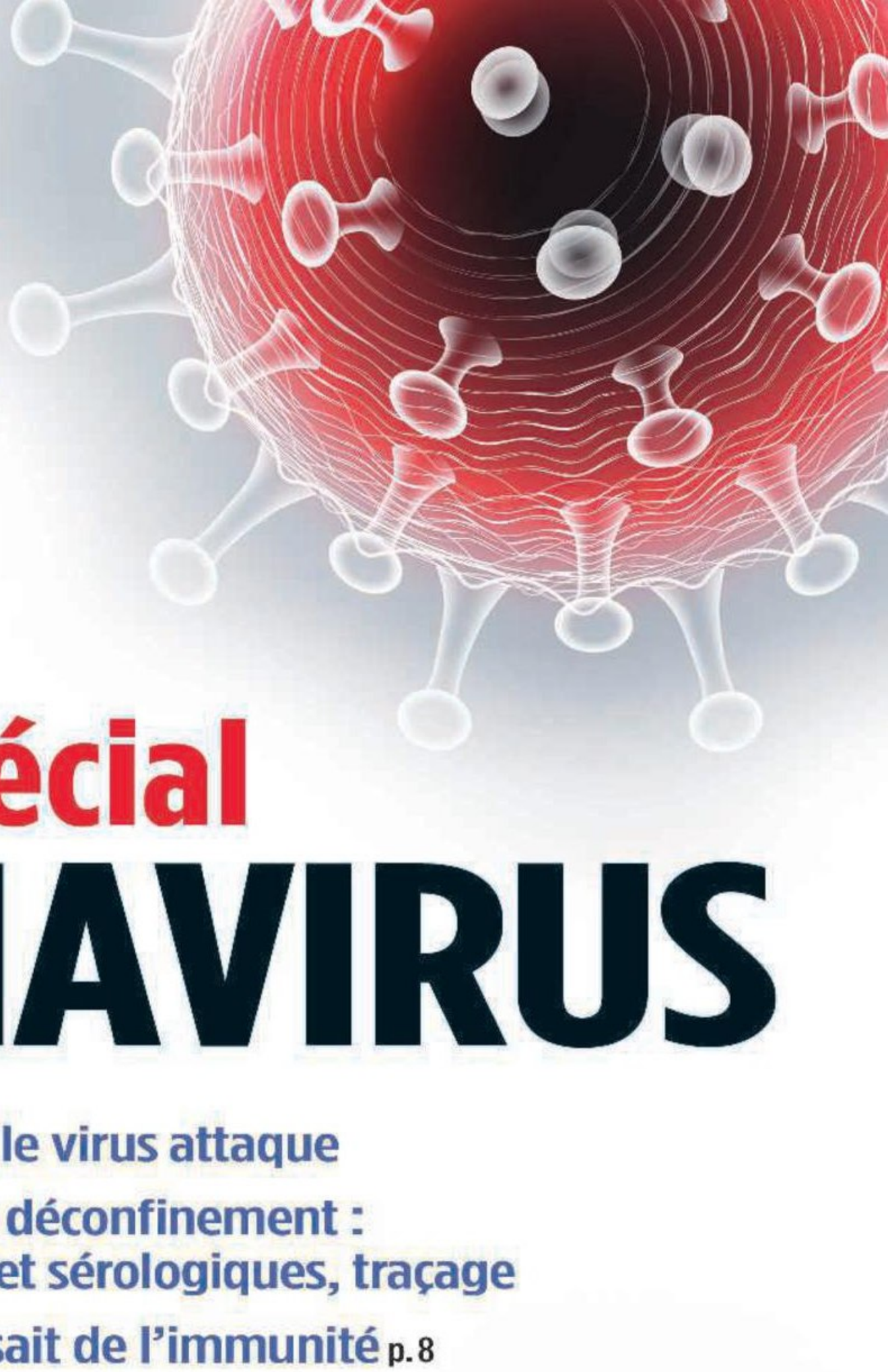
SCIENCES ET AVENIR

sciencesetavenir.fr

© SUPERSTOCK/SIPA - S&A - SHUTTERSTOCK



Spécial CORONAVIRUS

- Comment le virus attaque
- Les défis du déconfinement : masques, tests PCR et sérologiques, traçage
- Ce que l'on sait de l'immunité p. 8

GÉNÉTIQUE LES ORIGINES DES FRANÇAIS p. 46

MACHU PICCHU

- LES INCAS ONT SU ANTICIPER LES SÉISMES p. 42

SCIENCES ET AVENIR - N° 879 - MAI 2020 - SPÉCIAL CORONAVIRUS

MAI 2020 - N° 879 - ALLEMAGNE 7,40 € / AUTRICHE 6,50 € / BELGIQUE 5,70 € / GRÈCE 5,70 € / ESPAGNE 5,70 € / ITALIE 5,70 € / DOM 5,90 € / ANDORRE 5,40 € / LUXEMBOURG 5,70 € / PORTUGAL 5,70 € / TOM 800 XPF / TOM (AVION) 1500 XPF / SUISSE 9,50 CHF / TUNISIE 10 TND / MAROC 55 DH / CANADA-USA 8,20 $

M 02667 - 879S - F: 5,30 € - RD

ELITE DRAGONFLY

Le PC convertible plus léger que l'air et éco-responsable

Les équipements informatiques aussi ont un impact sur l'environnement, lors de leur fabrication, pendant leur utilisation et après !
Mais innovation technologique peut rimer avec éco-responsabilité. C'est l'objectif de HP avec le Elite Dragonfly,
un PC portable ultra léger, ultra mobile et ultra performant.

HP ELITE DRAGONFLY, LE PC CONVERTIBLE ULTRA LEGER

Avec le Elite Dragonfly, HP propose aux utilisateurs mobiles un PC convertible de 13 pouces ultra léger. Le PC portable intègre un écran tactile 4K UHD permettant de profiter de sa conception 360°.
Il est équipé d'un processeur Intel® Core™ i7 vPro®.
Le HP Elite Dragonfly s'adapte à chaque situation. Les utilisateurs ultra mobiles peuvent ainsi compter sur les dernières technologies de connexion sans fil comme le WiFi 6. Enfin, la connectique se veut sans compromis pour ce format : 2 ports USB-C, une prise HDMI et un emplacement Nano SIM, notamment.

-1kg grâce à l'utilisation d'un alliage de magnésium CNC, 33% plus léger que l'aluminium et 3x plus résistant que le plastique

24h une batterie lui conférant une autonomie record jusqu'à 24 heures

UN PC PORTABLE PLUS ECO-RESPONSABLE

Répondant à toutes les attentes des utilisateurs, le Elite Dragonfly est aussi le premier PC portable au monde fabriqué à partir de plastiques recyclés issus de déchets océaniques. Ils ont servi à fabriquer les haut-parleurs. Le magnésium, lui aussi recyclé, compose le châssis.

50 % des plastiques sont recyclés. 5 % de ces plastiques proviennent de déchets océaniques

90 % du châssis est composé de magnésium recyclé

HP : UN ENGAGEMENT ECO-RESPONSABLE DE LONGUE DATE

1966 Programme de recyclage de carte de poinçonnage d'ordinateurs

1987 Lancement du programme de recyclage de matériel

1987 HP adhère au programme Energy Star*

Entre 2000 et 2018
HP recycle 107 000 tonnes de plastique en cartouches d'encre et toner.

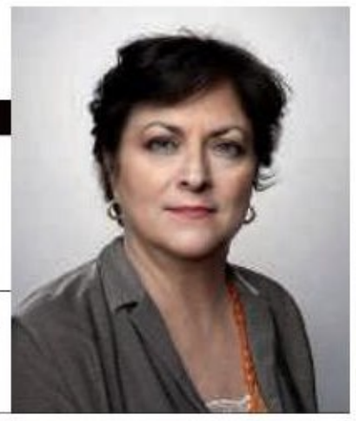
2019 HP collecte plus de 35 millions de déchets plastiques océaniques

La feuille de route pour les années à venir est déjà actée.
A horizon 2025, les objectifs sont importants : utiliser 30 % de plastique recyclé post consommation dans les systèmes personnels et d'impression HP, recycler 1,2 million de tonnes de matériel et de cartouches et réduire de 30 % l'intensité des émissions de gaz à effet de serre dues à l'utilisation de produits.

*Programme gouvernemental américain chargé de promouvoir les économies d'énergie.

En savoir plus sur : hp.com/elitedragonfly

ÉDITO



BERNARD MARTINEZ

Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Vivre avec le coronavirus

Le 11 mai sera-t-il vraiment la seule autre date à retenir dans cette crise du Covid-19, comme sortie — progressive — du confinement, après qu'on y aura été soumis pendant presque deux mois, depuis le 17 mars ? On ne peut que l'espérer et repousser la désagréable idée d'une troisième date, celle d'un nouveau confinement qui viendrait à s'imposer. Le Sras-CoV-2, du nom officiel du coronavirus responsable de la pandémie actuelle, n'a rien, en effet, d'un pathogène facile à cerner. On a déjà compris qu'il allait falloir « vivre avec » pendant… un certain temps. Cette expression, jadis, faisait rire lors d'un sketch potache de Fernand Raynaud ! Aujourd'hui, après l'annonce d'au moins 25 000 morts en France en deux mois, elle aurait plutôt de quoi accabler. Combien de temps faudra-t-il supporter cette menace invisible, faute d'immunité pour l'immense majorité de la population ? Quelques mois ? Un an ? Deux ? Ces hésitations sur la durée, le plus souvent liées à l'espérance d'un vaccin, ou d'un traitement performant, traduisent les incertitudes actuelles des scientifiques. Quelles relations entretenons-nous avec ce virus encore inconnu voilà six mois, qui contraint l'humanité à ruser par des stratégies d'évitement ? C'est ce que *Sciences et Avenir* a voulu approfondir ce mois-ci dans 10 pages « Événement ». Au prix d'un travail acharné dans tous les laboratoires, les scientifiques s'efforcent de relever les défis du déconfinement. À l'heure où beaucoup d'enfants vont reprendre le chemin de l'école, il vaut mieux savoir s'ils sont « remparts ou vecteurs » ? *(p. 10)*. Si l'on a eu la maladie, peut-on s'estimer protégé pour autant ? Ou craindre une rechute ? Pour affiner cette connaissance et lutter contre l'épidémie, les spécialistes doivent évaluer qui est menacé en priorité, préciser qui est infecté. Pour cela, ils doivent disposer d'une batterie de tests, dont la capacité à détecter le virus ou repérer des anticorps est ici explicitée *(p. 11)*. Il n'est pas toujours facile, en effet, de s'y retrouver entre antigènes, enzymes, protéines… Dans ces pages, nous revenons aussi sur cette notion fondamentale qu'est le R0, taux de reproduction du virus. On aura bien compris *(p. 13)* qu'il faut le maintenir en dessous de 1, afin que s'éteigne l'épidémie. Mais pour précipiter les jours meilleurs, c'est la recherche de traitements qui est contrainte de passer la surmultipliée. Peu de scientifiques ont déjà vécu pareil bouillonnement. C'est rien de moins que la vie de centaines de milliers d'humains qui dépend de leur compréhension de la maladie *(p. 14)*. Comme nous l'avions déjà précisé le mois dernier, pour un suivi de toutes ces nouvelles, sans cesse actualisées, c'est le site de *Sciences et Avenir* que lectrices et lecteurs peuvent consulter *(p. 17)*. On y retrouve aussi nombre de conseils pratiques, sur l'usage des écrans, les règles d'hygiène et bien sûr les masques… Tous ces « nouveaux amis » de temps d'épidémie. ■ @dominiqueleglu

SCIENCES ET AVENIR

Pour joindre la rédaction :
41 bis, avenue Bosquet 75007 Paris - Tél. : 01.55.35.56.01.
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteur(trices) en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Vincent REA (hors-série) - 01.55.35.56.35
avec Florence LEROY - 01. 55.35.56.36
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédacteur(trices) en chef adjoint(e)s
Andreina DE BEI (photo-iconographie) - 01.55.35.56.31
Lise LOUMÉ (pôle digital) - 01.55.35.56.39
Mathieu NOWAK (actualités - rendez-vous) 01.55.35.56.38

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET (couverture) - 01.55.35.56.59
Jean-Louis GILABERT (directeur artistique) - 01.55.35.56.28
Thalia STANLEY (directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de la rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chef(fe)s de service
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07

Chef de service adjoint
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Cheffe de rubrique
Sylvie RIOU-MILLIOT (médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grande reporteure (archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Franck DANINOS (fondamental) - Arnaud DEVILLARD (numérique, data) - 01.55.35.56.27 - Olivier HERTEL (technologie, futur) - 01.55.35.56.03
Hugo JALINIÈRE (médecine, biologie) - 01.55.35.56.52 - Sylvie ROUAT (espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grande reporteure (biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs(trices)
Sylvie BOISTARD, Loïc CHAUVEAU, Johan KIEKEN

Ont participé à ce numéro
Marine BENOIT, Sylvie BRIET, Héloïse CHAPUIS, Nicolas GUTIERREZ C., Pierre KALDY, Coralie LEMKE

Secrétaire de rédaction
Frank MIETTON (1er secrétaire) - 01.55.35.56.17

Maquette Horia BAHRI - 01.55.35.56.19

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT - 01.55.35.56.32

Pôle digital
Joël IGNASSE (rédacteur spécialisé) - 01.55.35.56.15
Anne-Sophie TASSART (cheffe de rubrique) - 01.55.35.56.41
Camille GAUBERT (rédactrice santé) - 01.55.35.56.24
Valentin COLLIAT-DANGUS (community manager) - 01.55.35.56.70

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (cheffe de service) - 01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE - 01.55.35.56.48

Courrier des lecteurs
Sara DE LACERDA - courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

Informatique
Daniel DE LA REBERDIÈRE - 01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14

Fabrication
Christophe PERRUSSON

Publicité
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com

Directrice générale :
Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70

Abonnements et anciens numéros
Tél. : 01.55.56.71.48
Sciences et Avenir
4, rue de Mouchy 60438 Noailles cedex
abonnements@sciencesetavenir.fr

Tarif des abonnements : France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €.
Tarifs pays étrangers sur demande.

Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40 – www.viapresse.be

Directeur de publicité :
Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75

Directrice de clientèle et responsable Web :
Karine GROSSMAN - 01.44.88.89.08

Assistante commerciale :
Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57

Exécution : Cédric AUBRY - 01.44.88.89.05

Administration des ventes :
Catherine FERNANDES - 01.44.88.89.20

Directeur commercial : Valéry SOURIEAU

Partenariat: Joëlle HEZARD - 01.58.65.09.99

Directeur des abonnements
Luc BONARDI
Responsable des abonnements
Lina QUACH 01.55.35.56.63

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication : **Claude PERDRIEL**
Secrétaire général :
Jean-Claude ROSSIGNOL
Multimédia : Sciences et Avenir, 41 bis, avenue Bosquet, 75007 Paris.
Tél. : 01.55.35.56.00.

PEFC 10-31-3364
PEFC recyclé
Ce produit est issu de sources recyclées et contrôlées
pefc-france.org

Origine du papier : Italie
Taux de fibres recyclées : 0 %
Eutrophisation : PTot = 0,017 kg/tonne de papier
Ce magazine est imprimé chez Newsprint (Lieusaint), certifié PEFC

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec *Sciences et Avenir*, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Commission paritaire n° 0620 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstalis.

Vous avez le sens de l'étiquette.

Chaussures détente
Doublure cuir
89€
Prix Unique

69€ la 2ème paire au choix

Bien sûr, vous avez bon goût. Le bon goût de ne jamais faire de faute de goût quelle que soit l'occasion. Et pour ne jamais commettre d'impair vous choisissez Bexley et ses modèles assurément dans les bons codes de l'élégance, de ce qui fait l'étiquette dans toutes sociétés. Mais là où vous excellez en matière de bon goût, c'est que vous avez l'intelligence de ne pas y laisser votre chemise, de mettre le bon prix, le prix de l'exigence, de l'excellence des matières, des savoir-faire français et c'est aussi ça, avoir le sens de l'étiquette.

Nos boutiques

#lesensdeletiquette | Bexley.com

AIX-EN-PROVENCE I ANNECY I BORDEAUX I PARLY 2 - LE CHESNAY I LILLE I LYON 1ER I LYON 2ÈME I LYON 6ÈME I MARSEILLE I NANTES I NICE I PARIS 4ÈME - HENRI IV I PARIS 6ÈME - SAINT GERMAIN I PARIS 7ÈME - RASPAIL I PARIS 8ÈME - CHAUVEAU LAGARDE I PARIS 8ÈME - CHAMPS ÉLYSÉES I PARIS 8ÈME - LA BOÉTIE I PARIS 15ÈME - VAUGIRARD I PARIS 17ÈME - PALAIS DES CONGRÈS I PARIS - LA DEFENSE I TOULOUSE I BRUXELLES

SOMMAIRE

Sciences et Avenir / n° 879 / Mai 2020

ÉVÉNEMENT P. 8

Covid-19, les clés du post-confinement

Pour contenir la propagation du coronavirus Sras-CoV-2, de nouvelles habitudes et mesures sanitaires vont devoir être adoptées. En attendant la mise au point de traitements efficaces à laquelle travaillent les chercheurs du monde entier.

3 **Édito** par Dominique Leglu

7 **Courrier**

SCIENCES FONDAMENTALES

22 **ACTUALITÉS** / L'Univers pourrait ne pas être homogène / Vers un ordinateur quantique à température ambiante / Des exoplanètes radioactives abriteraient des océans

34 **La fabuleuse conquête du milieu interstellaire**

38 **Les nouvelles surfaces autoréfrigérantes**

41 **La première photographie couleur livre ses secrets**

HISTOIRE

24 **ACTUALITÉS** / Voici l'ancêtre des canards et des poulets / Une forêt fossile découverte en Antarctique / Le cercle des mammouths disparus

42 **Au Machu Picchu, une architecture antisismique**

46 **L'histoire de France se lit dans nos gènes**

49 **Des empreintes de dinosaures au plafond d'une grotte de Lozère**

NATURE

26 **ACTUALITÉS** / Les chevaux sont physionomistes / Cinq émotions de la souris se lisent sur son museau / L'Himalaya visible à 200 km

50 **Deux régions reprennent en main leur destin agricole**

54 **Et si les hirondelles faisaient de nouveau le printemps…**

57 **Le lac Tchad résiste au changement climatique**

La cité inca du Machu Picchu a été bâtie pour résister aux séismes **p. 42**

Comment aider les hirondelles à repeupler nos villes et nos campagnes. **p. 54**

Les effets positifs de la musique sur la santé enfin reconnus **p. 58**

SANTÉ

28 **ACTUALITÉS** / Pourquoi le stress donne de la fièvre ? / Une bactérie impliquée dans le cancer du côlon / Un implant rétinien pour voir à nouveau

58 **Les bienfaits avérés de la musique**

62 **Nutrition : l'asperge droite dans ses bottes**

64 **L'IA, nouvelle alliée dans la recherche d'antibiotiques**

65 **Un test prometteur pourrait détecter de nombreux cancers**

HIGH-TECH

30 **ACTUALITÉS** / Un exosquelette permettra de courir plus vite qu'Usain Bolt / Du pollen pour faire du papier / Une bâche solaire recharge les voitures

66 **L'atout confiance de l'identité numérique**

70 **L'or le plus blanc du monde**

73 **La faillite de la constellation OneWeb**

74 **La propulsion à hydrogène pour traverser les océans**

RENDEZ-VOUS

76 **Le ciel de mai**

78 **C'est à voir… nos expos virtuelles**

79 **Questions de lecteurs**

80 **Décryptage : Pourra-t-on éradiquer la pyrale du buis ?**

82 **L'info en continu sur sciencesetavenir.fr**

BERTRAND GUAY AFP - GUSTAVO BASSO/NURPHOTO/AFP - GEORGE RESZETER/BIOSPHOTO - GEMMA FERRANDO/PLAINPICTURE

IL EST URGENT D'AGIR DURABLEMENT

À la Fondation de France, nos programmes d'actions s'inscrivent dans la durée, pour vous permettre d'agir efficacement pour la cause qui vous tient à cœur.
En transformant votre Impôt sur la Fortune Immobilière en don, vous bénéficiez d'une réduction d'impôts de 75 % du montant de votre don.

Contactez-nous : ifi.fondationdefrance.org ou au 01 44 21 87 87

Fondation de France

La Fondation de toutes les causes

COURRIER

Courriels à : **courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr**

« Climat : la décennie cruciale »
(Sciences et Avenir n° 878, avril 2020)

Dans votre astucieux « jeu de l'oie » sur les actions urgentes à entreprendre contre le réchauffement climatique, à la case 2025, il est précisé l'interdiction à la vente des véhicules particuliers consommant plus de 3 litres aux 100 kilomètres ! Je ne crois pas qu'un véhicule répondant à cet impératif existe à l'heure actuelle.

Christophe Lacoudre

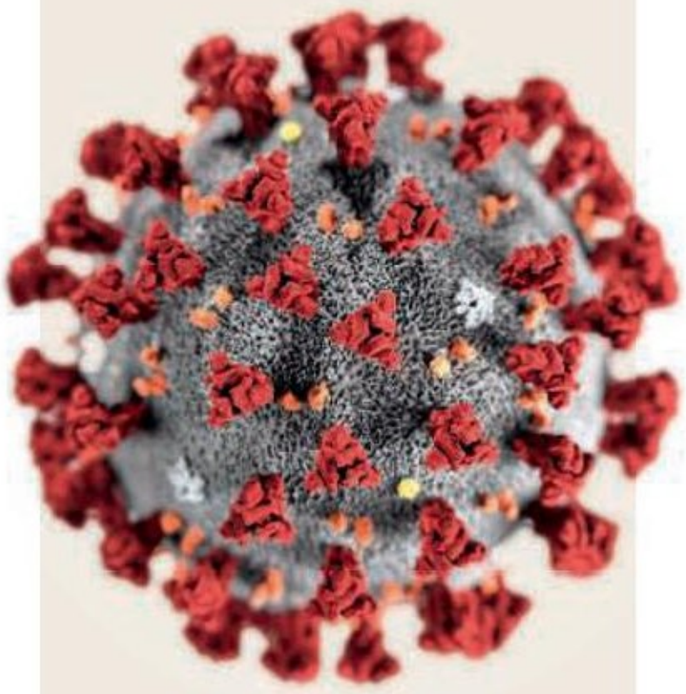
S. et A. : Il n'existe effectivement pas encore de voitures consommant moins de 3 l/100 km. Le « jeu de l'oie » que nous avons imaginé liste les actions qu'il faudrait mener pour respecter l'accord de Paris de 2015. Où l'on démontre ainsi par l'absurde que les moteurs thermiques sont condamnés pour des raisons climatiques. Le nouveau règlement européen portant sur les émissions de CO_2 des véhicules impose moins de 60 grammes par kilomètre en 2030, soit peu ou prou les 3 l/100 km. C'est une incitation claire à un passage massif à l'électrique dans la prochaine décennie.

Les séismes de Mars

L'article « Mars commence à dévoiler ses entrailles » paru dans *S. et A.* n° 878 me pose problème. J'ai toujours appris que pour localiser un séisme, il faut au moins trois sismomètres. Alors comment la mission InSight, avec un seul instrument, peut-elle localiser les séismes sur Mars ?

C. Vérard

S. et A. : Un minimum de trois sismomètres est effectivement nécessaire pour localiser un séisme par triangulation. Pour y parvenir de manière solitaire, le sismomètre d'InSight, mis au point par des chercheurs français, tire profit des spécificités de la planète Rouge : Les « bruits de fond » y sont beaucoup moins importants que sur Terre, en l'absence d'activité humaine, de ressac des océans et de végétation conduisant dans le sol les circulations atmosphériques. La distance des séismes est ensuite calculée en mesurant le temps d'arrivée entre différents types d'ondes sismiques, les « P » (qui arrivent en premier) et « S » (en second) en particulier, avec une certaine marge d'erreur. L'épicentre est quant à lui déterminé grâce à l'enregistrement des vibrations du sol dans les trois directions de l'espace. Enfin, la magnitude est évaluée en mesurant l'amplitude des mouvements du sol et en tenant compte des phénomènes d'atténuation qui se produisent entre la source et l'atterrisseur. InSight localise ainsi les plus gros séismes, ou du moins la région d'où ils proviennent.



Covid-19 Les clés du post-confinement

Face aux nombreuses inconnues qui demeurent sur le Sras-Cov-2 et en l'absence de traitement et de vaccin, voici cinq points essentiels pour saisir les enjeux et les mesures sanitaires nécessaires à adopter pour les mois à venir afin de contenir l'épidémie.

Par Hugo Jalinière @HugoJaliniere **Infographies : Bruno Bourgeois**

Espoir, impatience... et incertitude. Les scientifiques ont été enjoints de trouver une issue rapide à une pandémie aussi prévisible qu'impréparée. Tous sont montés au feu. Les chercheurs qui, en France — comme les soignants — battaient il y a peu le pavé pour réclamer des budgets à la hauteur de leur mission ont réalisé des percées dans la connaissance du virus et ouvert des centaines de pistes pour le contrecarrer. Mais les projecteurs braqués ont montré — au prix parfois du désarroi — l'irréductible complexité de la science qui n'est jamais affaire de vérités immédiates et irréfutables. Le temps de l'investigation n'est pas celui des catastrophes, ni les chercheurs des urgentistes. La science ne peut dicter ni normes ni politique de santé publique. « *Il nous faut agir sans le savoir de notre non-savoir* », explique le philosophe allemand Jürgen Habermas, nous rappelant, à l'heure du « déconfinement » progressif, que nous devrons vivre longtemps avec le virus et son cortège d'incertitudes. ■ **Carole Chatelain**

@carolechatelain

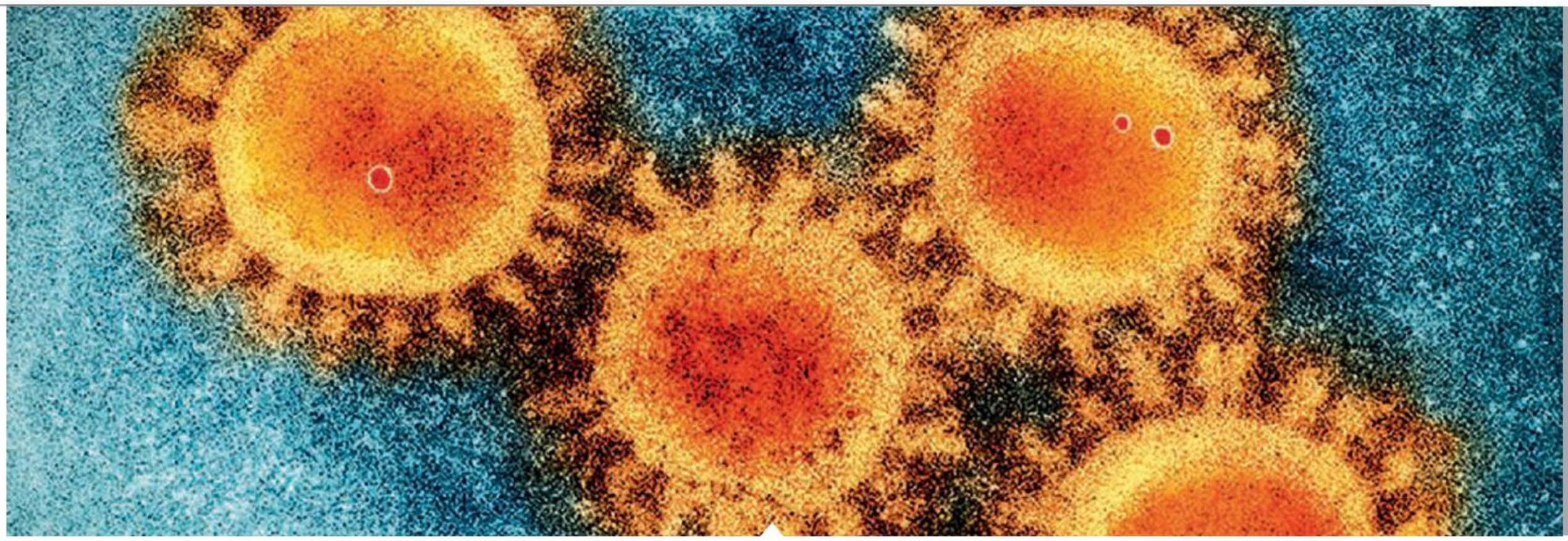
1 Immunisé mais pas protégé ?

Il ne faut pas confondre immunité et protection contre le virus. « *Ce sont deux concepts différents : l'immunisation, c'est la réaction d'un organisme face à un agent étranger qui entraîne la formation de différents anticorps*, explique la Pr Astrid Vabret, cheffe du service de virologie du CHU de Caen. *Mais la protection est un phénomène immunologique bien plus complexe. Il faut que les anticorps produits neutralisent réellement le virus, ce qui n'est pas forcément le cas ; et aussi que la personne acquière une "mémoire immunitaire" grâce aux cellules appelées lymphocytes B, et que cette mémoire soit durable. C'est elle qui permet en effet de produire des anticorps neutralisants beaucoup plus rapidement quand on rencontre à nouveau le virus.* »

Ainsi, dans le cas de la rougeole, avoir croisé le virus une seule fois entraîne une protection quasi à vie, au contraire du sida, pour lequel une sérologie positive au VIH ne protège pas les malades. Pour le Sras-CoV-2 — comme pour tous les virus respiratoires — les réinfections sont, hélas ! courantes. « *Même quand le virus mute peu, la protection conférée par l'infection n'est pas pérenne. C'est le cas avec les quatre coronavirus courants (OC43, NL63, HKU-1, 229E) qui provoquent des rhumes et des rhinopharyngites tous les hivers*, précise Astrid Vabret. *On a fina-*

CDC/PHANIE

SCRIPPS RESEARCH - BERTRAND GUAY AFP - PASCAL GUYOT/AFP



Contrer le virus Le Sras-CoV-2 devrait s'installer durablement parmi les virus respiratoires à garder sous haute surveillance.

Tester massivement Toute personne présentant le moindre symptôme doit pouvoir être testée et isolée si elle est contaminée.

Produire industriellement La capacité des labos à réaliser un grand nombre de tests sera déterminante pour garder le contrôle de l'épidémie.

PHILIP DAVALI/RITZAU SCANPIX/AFP

Les plus jeunes représentent moins de 3 % des cas de contamination. Mais les raisons pour lesquelles ils sont moins infectés n'ont pas encore été clairement identifiées. (Ici, réouverture d'une classe dans une école à Copenhague en présence de Mette Frederiksen, la Première ministre, le 15 avril, après cinq semaines de fermeture.)

lement peu de données sur la protection apportée, ou non, par une infection aux coronavirus. » Pour empêcher toute reprise de l'épidémie de Covid-19 dans une population donnée, il faudrait qu'au moins 60 % des individus soient protégés de l'infection ou de la réinfection. Cette « immunité collective » paraît très difficile à atteindre dans ces conditions d'incertitude, à moins d'un vaccin très efficace… ou d'un confinement strict. Or dans les zones les plus touchées en France (Oise et Grand-Est), la proportion de personnes immunisées est comprise… entre 10 et 15 % selon les estimations du Conseil scientifique ! Toutefois, laisser le virus circuler dans des populations à faible risque de contracter des formes graves de Covid-19 afin d'accroître l'immunité collective — tout en confinant les plus fragiles — pourrait être une option dans une stratégie de post-confinement. Au risque d'une « deuxième vague » *(lire l'encadré p. 13)*.

2 Les enfants, remparts ou vecteurs ?

En France, comme en Chine, aux États-Unis ou en Italie, les enfants de 0 à 14 ans représentent moins de 3 % des cas confirmés de Covid-19 et 1 % des cas hospitalisés. Parmi ces jeunes malades, plus de 90 % développent des formes modérées. « *Les enfants sont moins souvent contaminés, tombent moins malades et ne font presque pas de formes sévères* », confirme Robert Cohen, pédiatre infectiologue au CHI de Créteil qui dirige une étude sur le pouvoir contaminant des enfants (le « taux de portage »). Difficile de dire s'ils sont moins diagnostiqués parce qu'ils développent peu ou pas de symptômes, ou s'ils sont effectivement moins susceptibles d'être infectés et donc de transmettre le virus. « *Lorsque la décision de fermer les écoles a été prise, nous étions convaincus que la situation était la même que pour les autres virus respiratoires (grippe, bronchiolite, autres coronavirus…), à savoir que les enfants étaient plus souvent porteurs que les adultes, avec des charges virales plus importantes et une plus grande durée de portage, ce qui en faisait des vecteurs importants. Tout n'est plus si clair* », reconnaît le spécialiste. Au fil des prélèvements, il apparaît qu'ils sont trois à cinq fois moins souvent positifs que les adultes de leur entourage et que dans l'immense majorité des cas, quand ils sont contaminés, ils l'ont été par les adultes ! Pourquoi semblent-ils si résistants ? « *Il n'est pas rare qu'un virus (varicelle, rougeole, grippe…) soit moins sévère chez les enfants*, rappelle le Pr Alain Fischer, expert en immunologie pédiatrique. *De façon générale, ils ont un système immunitaire très réactif.* » Parmi les autres hypothèses envisagées : ils exprimeraient moins le récepteur ACE2 dont se sert le virus pour infecter les cellules épithéliales ; ils pourraient être protégés en rai-

son de leur immunisation régulière contre d'autres coronavirus ; leur capacité supérieure à réparer des lésions, notamment pulmonaires, les rendrait plus résilients. Tout reste à découvrir.

EPICOREM

« Le test sérologique dit qu'une personne a croisé le virus, pas si cette infection la protège »

Astrid Vabret, cheffe du service de virologie au centre hospitalier universitaire de Caen

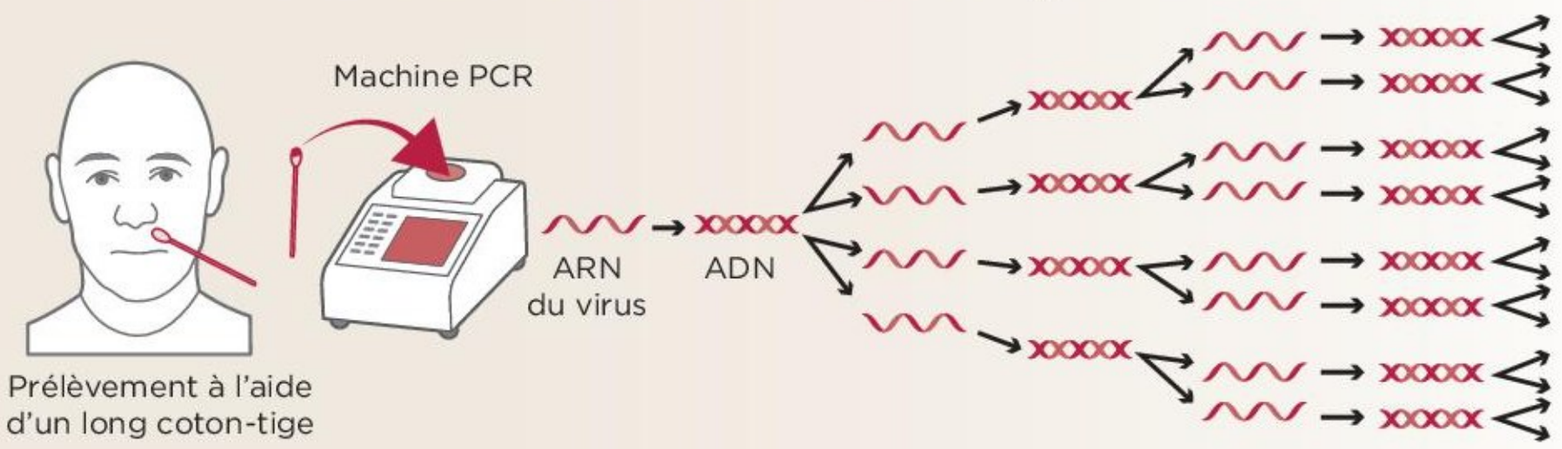
3 Les tests, le nerf de la guerre

Dès mars, l'OMS a appelé à dépister massivement le Covid-19 en testant chaque cas suspect afin d'isoler les personnes positives. En France, en début de confinement, il a d'abord fallu gérer des stocks de kits de prélèvement insuffisants et des difficultés d'approvisionnement, en ne réservant le test diagnostique par RT-PCR *(voir le schéma ci-contre)* qu'aux personnes à risque d'aggravation (âge, comorbidités). En avril, les capacités ont été augmentées pour atteindre 20 000 à 30 000 tests par jour selon le ministre de la Santé, Olivier Véran, permettant de commencer à dépister les personnes fragiles ou exposées : résidents et soignants dans les Ehpad, médecins et infirmiers. Au passage au post-confinement, Emmanuel Macron a assuré que l'État sera *« en mesure de tester toute personne ayant un symptôme »*. Un cas confirmé devra ainsi se mettre en quarantaine. Selon le gouvernement, 50 000 tests par jour seraient aujourd'hui réalisés et 100 000 d'ici à la fin du mois de juin. Suffisant ? Jean-François Delfraissy, président du Conseil scientifique, estime à de 10 000 à 15 000 le rythme des infections quotidiennes à la sortie du confinement.

L'autre type de tests en cours de déploiement est le sérologique *(voir le schéma ci-contre)*. Il identifie les personnes ayant déjà été infectées et donne une meilleure visibilité sur la diffusion asymptomatique du virus dans la population. Ces tests sanguins, beaucoup plus simples à réaliser que la PCR, pourraient être massivement proposés : 150 000 à 300 000 par jour seraient techniquement réalisables. Encore faut-il savoir ce qu'on en attend. *« Le test sérologique dit qu'une personne a croisé le virus, pas si cette infection la protège ni pour combien de temps »*, rappelle Astrid Vabret. Sans compter que dans la course lancée par des dizaines de laboratoires développant leur propre test, beaucoup de dispositifs pourraient se révéler peu fiables. Chacun d'entre eux fait ainsi l'objet d'une évaluation indépendante par le Centre national de référence des virus respiratoires. *« Il existe des marqueurs individuels qu'il est possible de doser pour donner une vraie idée de la protection… mais ils sont plus fastidieux à mettre en œuvre »*, regrette l'experte.

TEST DE DÉPISTAGE PAR PCR

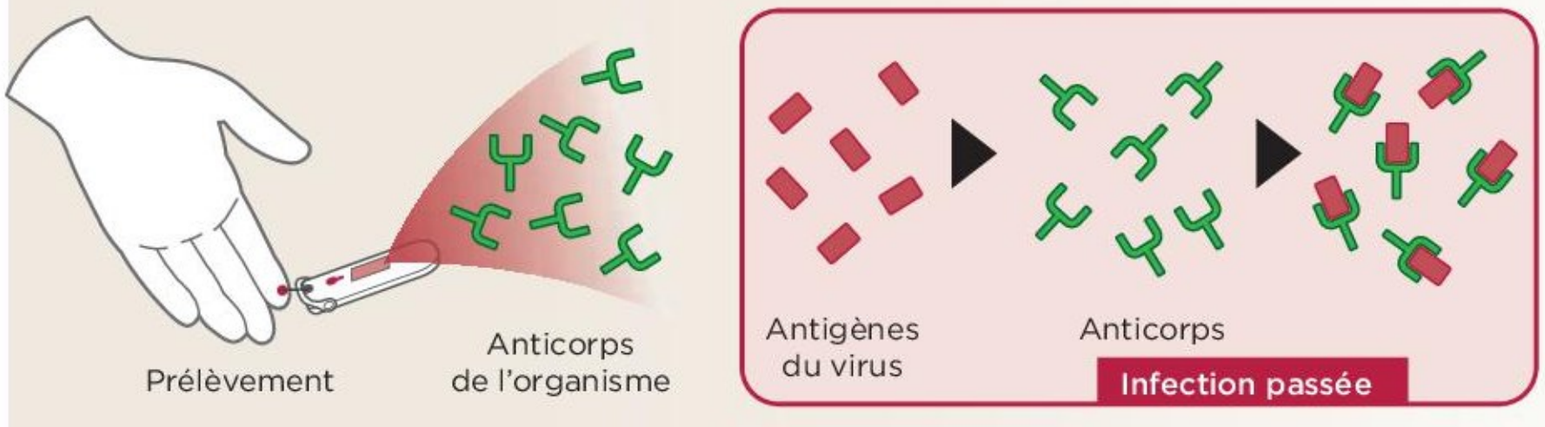
Pour détecter une infection présente



La détection du virus se fait grâce à une machine PCR (*polymerase chain reaction*) : l'ARN du virus prélevé dans le nez est transformé en ADN. Il est ensuite chauffé à 95 °C pour séparer les deux brins. Chaque brin sert de matrice pour reconstituer un double brin grâce à l'action d'enzymes spécifiques. L'opération est répétée plusieurs fois afin d'amplifier le matériel génétique du pathogène et donc le repérer.

TEST SANGUIN OU SÉROLOGIQUE

Pour détecter une infection passée



Si le sang du patient contient des anticorps, le diagnostic sera positif. En effet, quand un organisme est infecté, le système immunitaire réagit en fabriquant des anticorps pour cibler et détruire les antigènes du pathogène, c'est-à-dire ses protéines de surface.

« STOPCOVID »

Les limites du traçage numérique de la population

Les projets d'applications mobiles de « distanciation sociale » se multiplient en France et dans le monde, dans une certaine confusion. Sans que l'efficacité de tels outils soit assurée.

Le gouvernement l'a annoncé début avril : le chantier est lancé d'une application mobile de « distanciation sociale » pour lutter contre la pandémie de Covid-19. Appelée StopCovid, elle permet à des téléphones passant à proximité les uns des autres d'échanger leurs identifiants par transmission sans fil Bluetooth (à courtes distances). Si l'un des appareils appartient à une personne enregistrée ensuite comme malade du Covid-19, une alerte est envoyée aux autres, sans que personne ne sache qui est infecté. Cela afin d'encourager les gens exposés à se faire tester ou à se confiner. Les données échangées sont annoncées comme « anonymisées » *(voir le schéma ci-dessous)*. Le projet a été confié à un consortium européen de recherche appelé PEPP-PT, piloté par Inria. Mais à peine lancée, la machine s'est grippée. Invoquant un manque de transparence, les écoles polytechniques fédérales de Lausanne et de Zurich (Suisse) ont quitté le consortium et mènent leurs propres travaux. Par ailleurs, 300 scientifiques ont signé une déclaration critiquant les zones de flou du projet. Et chacun d'avancer en ordre dispersé. De son côté, le gouvernement italien va utiliser l'application Immuni, développée par une société milanaise et le centre médical Santagostino. Le gouvernement britannique, lui, compte voir du côté d'Apple et de Google qui ont lancé un projet commun pour rendre les applications interopérables entre Android et iOS, leurs systèmes d'exploitation mobiles. Les deux géants de la Silicon Valley comptant bien mettre leur outil à disposition d'autres pouvoirs publics (Apple est en contact avec la Commission européenne). Même confusion en France. Orange a présenté au gouvernement un prototype du même genre que StopCovid mais développé en marge du groupe PEPP-PT. D'où des précisions du P-DG d'Inria pour tenter d'éteindre les polémiques. StopCovid est soupçonné d'être un outil de surveillance ? « *Sa conception permet que personne, pas même l'État, n'ait accès à la liste des personnes diagnostiquées positives ou à la liste des interactions sociales entre les personnes* », assure Bruno Sportisse, qui admet cependant les difficultés techniques : nul ne sait à partir de quelle distance entre chacun peut se déclencher la transmission Bluetooth car elle dépend de divers critères comme « *comme la physiologie des personnes, la position du smartphone, le type de smartphone, l'état de la batterie, etc.* » En outre, rien ne dit que ces applications seront utilisées par la population : l'Europe souhaite favoriser le volontariat. Mais en Italie, le gouvernement envisage de limiter les déplacements de ceux qui n'auraient pas téléchargé Immuni. Et le modèle de Singapour a montré ses limites. L'application TraceTogether, lancée en mars, est un échec : seule une personne sur six l'a téléchargée quand il faudrait au moins 60 % d'utilisateurs ■

Arnaud Devillard @A_Devila

COMMENT EST IDENTIFIÉE LA CHAÎNE DE TRANSMISSION

1 **L'utilisateur télécharge l'application StopCovid** (sur la base du volontariat) et active Bluetooth. Chaque smartphone obtient un identifiant unique.

2 **L'appli repère les téléphones d'autres usagers** équipés de StopCovid. Les identifiants sont transférés de l'un à l'autre par liaison sans fil, selon la distance et la durée du contact (des précisions sur ces paramètres sont encore à venir).

3 **Si l'une de ces personnes est testée positive** au Covid-19, la liste de tous les identifiants de son application est transmise aux autorités de santé.

4 **Envoi d'un message d'alerte** à toutes les personnes côtoyées. Le but : limiter les déplacements des individus ayant été exposés, et comprendre la propagation du virus.

XINHUA/LIHE/AFP

ÉPIDÉMIOLOGIE

Attention à la deuxième vague

Tandis que la France, avec de nombreux pays, entre dans le temps du déconfinement, une inquiétude est sur toutes les lèvres : va-t-il y avoir une deuxième vague épidémique ? Avec une réouverture des frontières en ordre dispersé, une population immunisée n'excédant pas 6 %, l'absence d'un vaccin et des incertitudes sur une réinfection possible, la question est légitime. Mais sans une campagne de tests à large échelle capable d'estimer la dissémination exacte du virus, cela revient à conduire de nuit tous feux éteints. D'autant que rien ne permet aujourd'hui d'estimer la proportion de patients sans symptômes (asymptomatiques), susceptibles de contaminer les autres : soit 4 cas sur 5 selon un comptage sur une journée en Chine paru dans le *British Medical Journal* le 2 avril. Certes, un dénombrement aussi succinct ne permet pas de tirer des conclusions mais les asymptomatiques semblent constituer la majorité des infectés. Ce que semble montrer la levée des restrictions le 8 avril à Wuhan — ville de départ de la pandémie en Chine — qui aurait provoqué une deuxième vague épidémique. Jean-François Delfraissy, président du Conseil scientifique, signalait le 15 avril que Singapour vivait aussi *« une bouffée de reprise de l'épidémie »*. Selon ses propres termes, la France pourrait ainsi être contrainte *« pendant une longue période à libérer un peu, resserrer, libérer et resserrer en attendant qu'on ait un certain nombre de médicaments disponibles ».* **Hervé Ratel**

4 Double peine pour les personnes fragiles

Contredisant le président du Conseil scientifique, Jean-François Delfraissy, qui souhaitait que 18 millions de personnes fragiles *« d'un certain âge, au-dessus de 65 ou 70 ans [...] ou jeunes ayant une pathologie, ou obèses »* restent confinées après le 11 mai, le Premier ministre a appelé *« à la responsabilité de chacun »*. Pourtant, diabète, hypertension, maladies cardiovasculaires, immunodépression, obésité... sont bien des facteurs de risque du Covid-19 et concernent près d'un tiers de la population. *« En l'occurrence, l'âge physiologique compte plus que l'âge chronologique*, explique Astrid Vabret. *En fonction de critères génétiques et environnementaux (hygiène de vie, etc.), l'organisme ne vieillit pas au même rythme chez tout le monde. L'idéal serait que chacun soit suffisamment responsable pour ménager ses risques et ne pas en faire courir aux autres. »*

5 Masques et distanciation jusqu'en 2022 ?

Port du masque « a priori *obligatoire dans certaines situations* » après le 11 mai selon le Premier ministre, distance dans les files d'attente, télétravail, réouvertures ciblées et aménagement des commerces, interdictions de rassemblements... Le quotidien va rester durablement transformé par le Covid-19. *« Des formes intensives de distanciation sociale seront nécessaires dans les prochains mois »*, explique le Conseil scientifique dans son avis. L'objectif de ces mesures étant de maintenir le taux de reproduction (R0) du virus en dessous de 1, afin qu'une personne infectée en contamine moins d'une autre en moyenne. En France, deux mois de confinement strict devrait avoir fait passer le R0 de 3 avant le 17 mars à 0,5, selon une estimation de l'Institut Pasteur. Dans la revue *Science*, l'équipe du Pr Marc Lipsitch, de l'université Harvard (États-Unis) prévient que si la saisonnalité du Sras-CoV-2 adopte celle des autres coronavirus (circulation faible au printemps/été et résurgence à l'automne/hiver), une nouvelle vague épidémique devrait arriver l'hiver prochain. *« Pour éviter cela, une distanciation sociale prolongée ou intermittente peut être nécessaire jusqu'en 2022 [...] Même en cas d'élimination apparente, la surveillance du Sras-Cov-2 devra être maintenue, car une résurgence de la contagion pourrait être possible jusqu'en 2024 »*, écrivent les chercheurs. Seul un vaccin efficace permettrait d'en finir avec la « distanciation sociale ». Les masques, dont plus personne n'ose nier l'utilité contre les contaminations, devraient devenir incontournables. ■

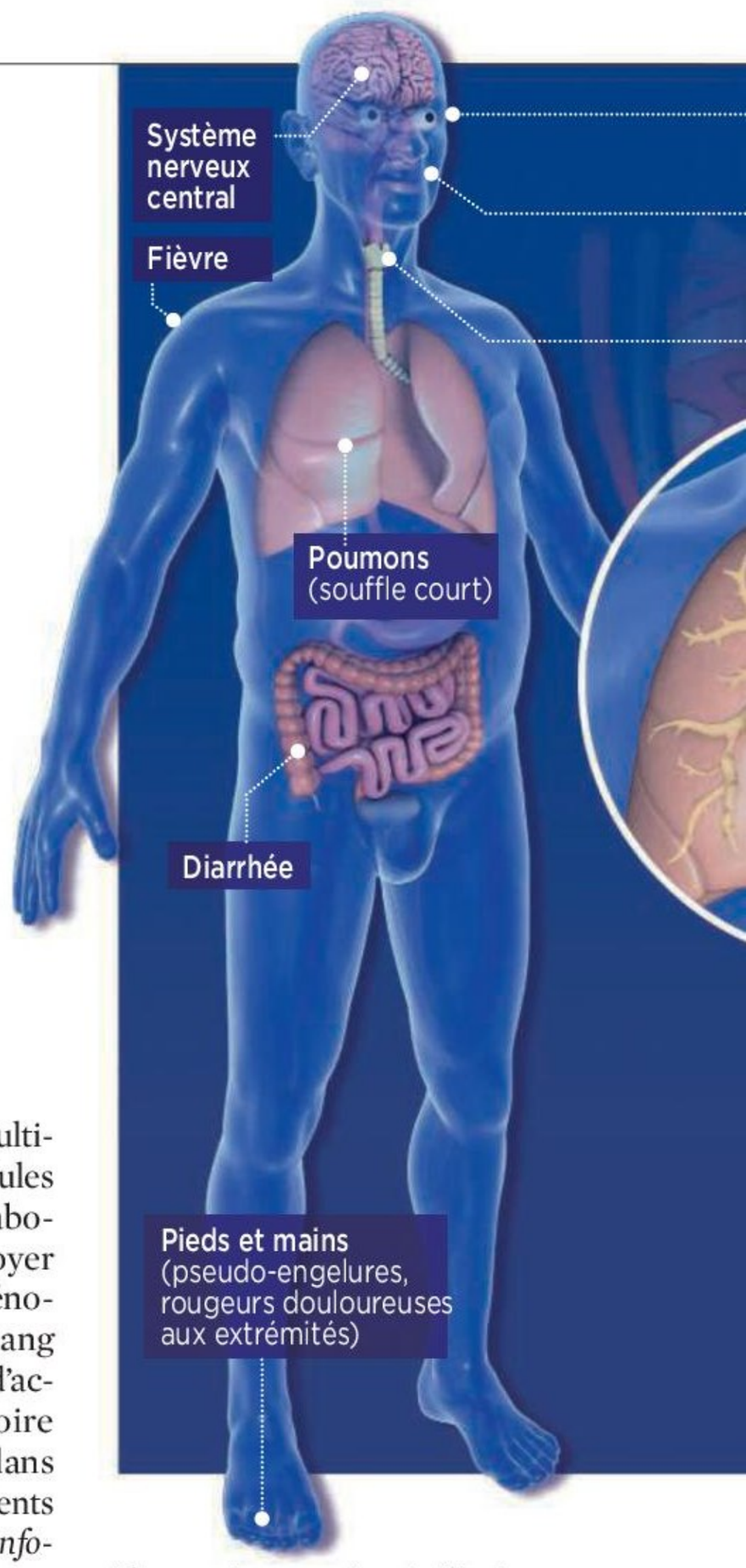
HARVARD

« Même en cas d'élimination apparente du virus, la surveillance du Sras-Cov-2 devra être maintenue »

Marc Lipsitch, professeur d'épidémiologie à l'université Harvard, à Cambridge (États-Unis)

Un virus aux multiples facettes

Si les poumons sont bien le point de départ de l'infection, le Sras-Cov-2 peut atteindre d'autres organes. La piste d'une atteinte cardio-vasculaire est même envisagée.



« Ce virus est une vacherie », a résumé le président du Conseil scientifique, Jean-François Delfraissy mi-avril. De fait, une nouvelle maladie aussi contagieuse, qui émerge dans des populations « naïves » sur le plan immunitaire à travers le monde, réserve forcément de mauvaises surprises.

L'infection est d'abord respiratoire, mode de transmission privilégié du virus Sras-CoV-2. Les chercheurs ont rapidement établi qu'il cible les cellules présentant la bonne porte d'entrée : le récepteur ACE2. Or les cellules de surface (épithéliales) des voies respiratoires et surtout des alvéoles pulmonaires expriment beaucoup ce récepteur. Le virus ouvre alors la serrure car il en possède la clé : les protéines dites Spikes (« pointes ») qui forment sa « couronne ». L'organisme est aussitôt attaqué par l'envahisseur : celui-ci prolifère dans les alvéoles pulmonaires, ces petites poches d'air d'à peine 0,3 mm, entourées de petits vaisseaux sanguins. C'est là que l'oxygénation du sang se produit grâce à un échange gazeux permis par le surfactant pulmonaire qui tapisse les alvéoles. En se multipliant, le virus détruit des cellules et produit des déchets métaboliques qui vont peu à peu noyer ces poches d'air. Plus ce phénomène s'accentue, moins le sang est oxygéné. C'est le mode d'action du syndrome respiratoire aigu sévère (Sras), mortel dans 30 à 70 % des cas selon les patients et leur prise en charge *(voir l'infographie ci-contre)*.

61 ans
L'âge moyen des personnes testées positives en France.

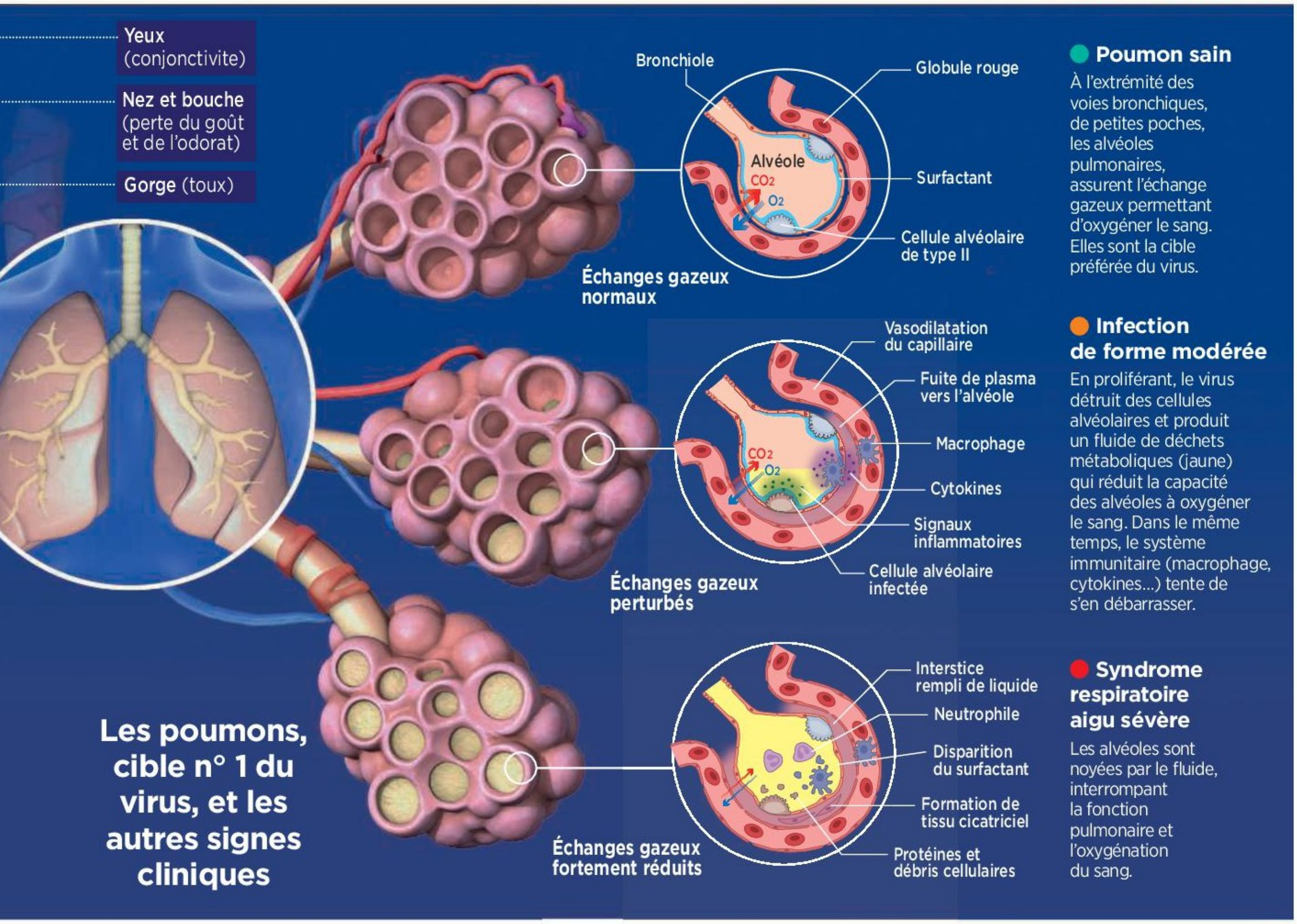
67 %
des patients en réanimation sont atteints d'une autre maladie comme l'hypertension, le diabète...

0,5%
Le taux estimé de létalité, en France.

Le deuxième effet en cause dans les cas graves est le déclenchement d'un « orage cytokinique », commun à d'autres infections virales (Ebola, grippe, rougeole...). Les cytokines sont de petites molécules de signalisation chimique qui guident la réponse immunitaire. Dans la lutte de l'organisme contre l'infection, certaines (interférons) attaquent les réplications virales dans les cellules atteintes par le virus ; d'autres (interleukines) jouent les messagers, assurant les échanges d'informations entre les globules blancs ; d'autres encore stimulent la production de cellules du système sanguin... L'ensemble est coordonné pour que la réponse inflammatoire soit proportionnée et efficace. Mais si l'organisme peine à éliminer l'agresseur, c'est l'emballement : certaines cytokines vont suractiver les cellules immunitaires, conduisant celles-ci à produire davantage encore de cytokines, ce qui finit par activer une réaction auto-immune tous azimuts, attaquant tous les tissus sains de l'organisme. La composition du sang en est transformée, des caillots se forment, les vaisseaux sanguins fuient, la tension artérielle chute... c'est la défaillance généralisée des organes pouvant conduire à la mort.

L'imagerie a révélé une inflammation du cerveau

Pour contrer dès que possible cette attaque parfois mortelle, les scientifiques sont parvenus à



en repérer les signes avant-coureurs. Ils ont ainsi établi que si les poumons sont bien le point de départ de l'infection, le Sras-Cov-2 peut atteindre de nombreux organes. À commencer par les voies aériennes supérieures. Ainsi, la perte du goût et de l'odorat (agueusie et anosmie) sans congestion nasale s'est révélée un marqueur important de l'infection, rapporté dans 60 % des cas confirmés, soit davantage que la fièvre ou la toux qui sont elles aussi des signes cliniques importants. « *Repérer ces signes a été très important car cela nous a permis d'écourter les temps de diagnostic en étant vigilants à un certain nombre de symptômes* », a ainsi déclaré la Pr Florence Ader, infectiologue au CHU de Lyon, qui coordonne l'essai clinique Discovery en France. Autre organe atteint à avoir attiré l'attention : le système nerveux central (SNC). Somnolence, confusion, agitation voire crises convulsives..., ces symptômes sont désormais associés au Covid-19, selon plusieurs études de séries de cas, dont l'une publiée par une équipe strasbourgeoise dans la revue *New England Journal of Medicine*. Elle décrit 58 patients hospitalisés en réanimation et dont l'imagerie cérébrale a révélé une inflammation du cerveau, voire des microhémorragies. Le SNC est-il directement attaqué par le virus ? Et si oui, celui-ci s'infiltre-t-il dans le cerveau par les récepteurs nerveux olfactifs du nez — déjà touchés — ou à la faveur d'une faille dans la barrière hémato-encéphalique censée pourtant protéger le SNC ? À moins que les encéphalites observées soient elles aussi le résultat d'une réponse immu-

MAXPPP

« Repérer ces signes est très important, cela nous a permis d'être vigilants à un certain nombre de symptômes »

Pr Florence Ader, infectiologue au CHU de Lyon, coordinatrice de l'essai clinique Discovery en France

nitaire disproportionnée qui propage l'inflammation jusqu'au cerveau... Les chercheurs n'ont pas encore tranché ces nombreuses questions, mais savent qu'une infection virale touchant le cerveau n'est pas inédite. Les troubles de la vigilance sont donc désormais considérés comme un symptôme possible.

Le virus affecterait la biologie vasculaire

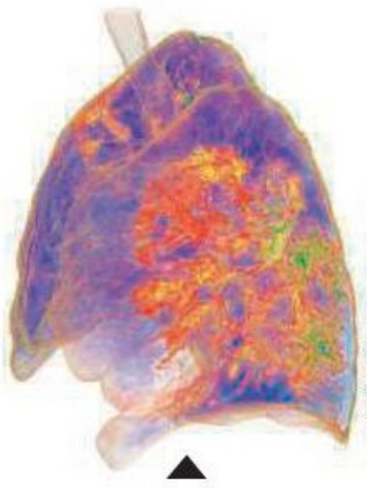
Autre piste discutée par des médecins américains dans *Science* : celle de l'hypoxie (manque d'oxygène), due non seulement à l'atteinte pulmonaire mais aussi à une altération de la composition du sang ou à la contraction des vaisseaux sanguins. Cela pourrait expliquer pourquoi une maladie respiratoire comme le Covid-19 est bien plus sévère chez les personnes souffrant de problèmes vasculaires (diabète, obésité, hypertension, etc.) que chez celles atteintes d'asthme ou de bronchite chronique. Selon un rapport de l'Institut supérieur de la santé italien (ISS), portant sur 20 000 victimes décédées, les pathologies les plus courantes décelées étaient l'hypertension (69,7 % des cas), le diabète (32 %) et les maladies cardiaques (30 %). Soit le même trio de comorbidités que celui identifié dès les premières études chinoises, valable en France également.

« *Plus nous observons les données, plus il est probable que des troubles de la coagulation jouent un rôle important dans la gravité de la maladie et la mortalité par Covid- 19* », explique le Dr Behnood Bikdeli, cardiologue au centre médical de l'université Columbia à New York (États-Unis). Des microcaillots se formeraient dans la circulation venant boucher de petits vaisseaux sanguins. Le Sras-CoV-2 pourrait aussi modifier l'équilibre des hormones qui aident à réguler la tension artérielle et la contraction des vaisseaux sanguins qui mènent aux poumons. « *L'une théorie est que le virus affecte la biologie vasculaire. C'est pour cela que nous trouvons des taux d'oxygène très bas chez des patients qui ne sont pas en détresse respiratoire* », précise Joseph Levitt, pneumologue réanimateur à l'école de médecine de Stanford (États-Unis).

Une équipe de bio-informaticiens a même modélisé l'action possible d'un cocktail de certaines protéines du Sras-CoV-2 pouvant endommager la capacité même des globules rouges à stocker l'oxygène. Un travail théorique, sans réalité clinique, qui renforce toutefois les soupçons sur un possible tropisme cardio-vasculaire du virus. Autant d'indices qui laissent penser que le virus pourrait se frayer un chemin dans la circulation sanguine pour s'attaquer directement aux cellules vasculaires et cardiaques, elles aussi riches en récepteurs ACE2.

Les inconnues sont nombreuses aussi concernant les modes de transmissions privilégiés du virus, l'immunité acquise ou non après une infection, ou encore sa mortalité réelle. En France, si l'on rapporte le nombre de morts au nombre total de cas officiellement recensés, le Covid-19 tue environ 17 % des malades diagnostiqués. Mais une projection de l'Institut Pasteur a estimé qu'environ 6 % de la population aura été infectée par le Sras-CoV-2 au 11 mai, ce qui ferait chuter la létalité du virus à environ 0,5 %, soit cinq fois plus que la grippe saisonnière. ■

Hugo Jalinière



SPL/PHANIE

Image scanner de poumons atteints par le Sras-CoV-2.

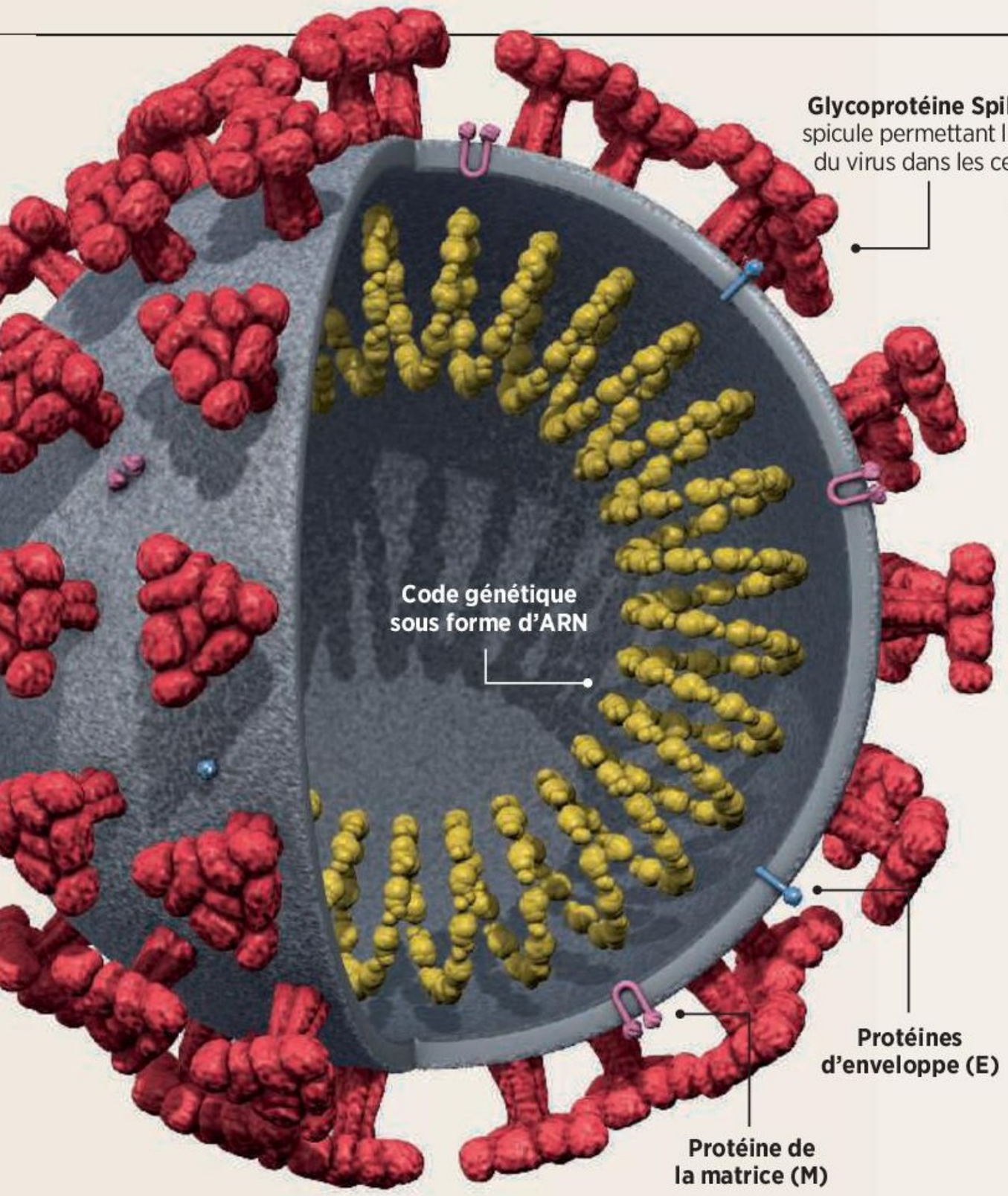
ESSAIS CLINIQUES

La course aux traitements s'intensifie

Plus de 800 essais cliniques sont menés dans le monde pour tester différentes molécules sur des dizaines de milliers de patients atteints par le Covid-19. Soit 30 essais en France (1600 personnes). L'immense majorité porte sur des médicaments existants, dans une logique de « repositionnement de molécule ». Leur avantage étant d'être disponibles comme certains antibiotiques antipaludéens (hydroxychloroquine), antiviraux (Kaletra/VIH et remdesivir/Ebola) ou une molécule (interféron bêta) qui régule le système immunitaire. Ces quatre traitements sont évalués dans l'essai Solidarity coordonné par l'OMS. 45 pays y participent avec une analyse des données centralisée. L'essai européen Discovery (3200 patients dans sept pays) porte sur ces molécules.

« *Il y a fort à parier qu'on n'y trouve pas de "médicament miracle" car ces traitements n'ont pas été développés pour ce virus* », a prévenu la Pr Florence Ader, coordinatrice du volet français. De fait, aucune de ces options n'a démontré de bénéfice tangible au moment où nous écrivons ces lignes. La transfusion du plasma sanguin de personnes guéries, contenant des anticorps dirigés contre le virus, a en revanche eu des résultats prometteurs, en cours d'évaluation par l'Inserm.

Les chercheurs, comme à l'Institut Pasteur, ciblent spécifiquement des anticorps neutralisants pour les cultiver et les transfuser, et améliorer aussi la mise au point d'un vaccin. Pour ce dernier, début avril, 115 candidats étaient identifiés, dont 73 au stade de recherche ou préclinique que c
e soit par des industriels (72 %) ou dans le monde académique (28 %). Cinq essais ont commencé sur l'humain. La mise au point d'un éventuel vaccin n'est pas attendue avant 2021. **H. J.**



URGENCE

Les défis de la recherche par temps de pandémie

Le monde de la recherche est confronté à une situation inédite où il s'agit de trouver dans l'urgence et des clés de compréhension et des moyens de lutter contre ce nouveau virus. Or, le temps de la recherche fondamentale s'accorde mal avec celui imposée par la dissémination du Sras-Cov-2. Certes, les chercheurs ont déjà été confrontés à des coronavirus par le passé (Sras et Mers). Mais le Sras-Cov-2 ne partage pas les mêmes caractéristiques. Une analyse fine de la structure des spicules l'entourant a ainsi permis de mettre en évidence sa haute affinité pour les cellules humaines. La recherche progresse donc, même si de l'aveu de Frédéric Tangy, directeur du laboratoire d'innovation vaccinale de l'Institut Pasteur et en charge de la confection d'un vaccin, des paramètres d'étude restent « *incompressibles. Toutefois, devant l'urgence, nous avons été contraints de sauter certaines étapes. Ainsi, nous passerons directement du test d'innocuité à celui du test sur des personnes à risque. Cela nous permettra de proposer un candidat vaccin début 2021. Ce qui serait du jamais vu puisqu'habituellement, plusieurs années sont nécessaires !* » **H. R.**

LES CONSEILS PRATIQUES À RETROUVER SUR NOTRE SITE

SCIENCESETAVENIR.FR

Je pense avoir le Covid-19. Que faire ?
▸ Récapitulatif de la conduite à tenir en cas de soupçon de contamination. sciav.fr/879Covid

Traverser l'épreuve du confinement
▸ Le confinement prolongé peut entraîner symptômes anxieux et dépressifs. Des aides psychologiques par téléphones existent. sciav.fr/879Aide
▸ Christophe Haag, chercheur en psychologie sociale, propose des astuces pour mieux traverser l'épreuve. sciav.fr/879Confinement
▸ Pour les plus âgés, des spécialistes livrent leurs conseils. sciav.fr/879Conseils Forme

Bien vivre avec les écrans
▸ En confinement, nous passons énormément de temps devant des écrans. Le psychiatre Serge Tisseron apporte ses recommandations pour bien les utiliser. sciav.fr/879Conseils Écrans
▸ Pas évident de télétravailler tout en assurant « *l'école à la maison* ». Le neuroscientifique Jean-Philippe Lachaux donne les règles d'or pour y parvenir. sciav.fr/879ConseilsTravail

De nouvelles règles d'hygiène
▸ Si la distanciation sociale est efficace dans les lieux publics, des contaminations peuvent survenir au sein du foyer. Des règles d'hygiène simples pour les éviter. sciav.fr/879Hygiene
▸ Chaque jour, nous touchons des centaines de fois l'écran de notre smartphone, et nous y laissons bien plus que de simples traces de doigts. Voici comment le désinfecter. sciav.fr/879Conseils Portable
▸ Retrouvez nos conseils pour consommer fruits et légumes en toute sécurité. sciav.fr/879ConseilsFruits

© AALTO UNIVERSITY

PROTECTION

Comment fabriquer son masque

▸ Le port du masque est indispensable pour se protéger d'un virus très volatil *(en photo, modélisation de sa dispersion dans les rayons d'un magasin)*. Les mairies devraient en distribuer à chacun, mais voici les règles indispensables à respecter si l'on souhaite confectionner le sien. sciav.fr/879TutoMasque
▸ Des chercheurs ont passé en revue les façons de décontaminer un masque artisanal. Verdict : quasi toutes sont inefficaces voire très dangereuses ! sciav.fr/879Masques

SENIORS

5 questions pour bien gérer son confinement

Alimentation, sommeil, activité… Les conseils pour rester en forme durant le confinement et en minimiser les risques pour la santé physique et mentale.

Par Régis de Closets, avec Agence Forum News

1 Comment renforcer ses défenses immunitaires ?

Elles sont essentielles pour faire face aux éventuelles attaques de virus, pendant mais aussi lorsque sera décidée la sortie du confinement. Pour les renforcer, deux alliés sont possibles : l'activité physique *(lire plus bas)* et l'alimentation qu'il convient d'optimiser. À commencer par un apport quotidien en vitamine C (110 mg par jour recommandés) que l'on trouve dans un verre de jus d'orange, un peu de persil ou un citron pressé. Il faut aussi consommer des aliments riches en oméga 3 (sardines en boîte, poissons fumés…) et en antioxydants comme les fruits et légumes frais (même surgelés) ou les currys, des légumes secs telles les lentilles (pleines de fer et de zinc) ou les épices qui entretiennent le microbiote, ces micro-organismes de nos intestins. Les apports en vitamine D, qui manque particulièrement quand on ne peut pas — ou peu — s'exposer à la lumière du soleil, sont indispensables. Sans oublier le zinc, l'un des meilleurs boucliers antiviraux pour nos cellules, dont la concentration baisse avec l'âge (30 % des seniors seraient carencés). *« Des prescriptions de compléments peuvent corriger certaines carences, à condition d'être bien dosées*, explique Marie-Christine Boutron, spécialiste d'épidémiologie nutritionnelle à l'institut Gustave-Roussy à Villejuif (Val-de-Marne). *Des dosages qui s'apprécient en fonction de la physiologie et de la couleur de peau pour la vitamine D et des habitudes de vie pour le zinc, sur une base d'environ 15 mg par jour.* »

SHUTTERSTOCK

Les réflexes de prévention

20 minutes d'exercice quotidien sur un an diminuent de 26 % le risque de chutes sévères. (GÉRONTOPÔLE CHU TOULOUSE, 2019.)

Un quart de la journée passé debout réduit le risque de mortalité cardio-vasculaire de 21 %. (ÉTUDE CHU TOULOUSE.)

3 portions de fruits et légumes par jour retardent le vieillissement pulmonaire. (ÉTUDE UNIVERSITÉ JOHNS HOPKINS 2017.)

Penser à la sieste. 46 % des 50 à 75 ans ont des troubles du sommeil. (SONDAGE SENIOSPHÈRE-2017)

Autre allié inattendu : les quelques kilos superflus qui risquent d'être pris pendant le confinement… *« Plus on avance en âge, plus notre génétique nous oriente naturellement vers le stockage d'énergie*, explique la nutritionniste Laurence Plumey, auteure du *Monde merveilleux du gras* (Eyrolles, 2020). *Pour peu qu'il reste bien contrôlé, ce tissu adipeux contribue aussi à stimuler nos défenses immunitaires. Donc, pas de régime sévère, mais une alimentation gourmande, contrôlée à bon escient en sucres et en gras, et riche en protéines.* »

2 Comment lutter contre la fonte musculaire ?

C'EST CERTAINEMENT L'UN DES RISQUES DU CONFINEMENT. En milieu hospitalier, une personne âgée alitée peut perdre jusqu'à 1,5 kg de masse musculaire en dix jours. *« L'hyper-sédentarisation peut déboucher sur des pertes de motricité et d'équilibre durables chez des personnes fragiles »*, prévient le professeur Yves Rolland, du Gérontopôle de Toulouse. 20 % des plus de 75 ans seraient ainsi particulièrement concernés par ce phénomène de « sarcopénie ». Mais les seniors les plus en forme peuvent l'être aussi. Trois mesures s'imposent : bien s'alimenter *(lire plus haut)*, rester mobile et faire de l'exercice physique régulier. Ainsi, un entraînement modéré de 20 minutes 2 à 3 fois par semaine est recommandé*. Un conseil : faire également quelques pas toutes les 60 à 90 minutes.

* Programmes adaptés et conseils sur le site de la Fédération française de retraite sportive : www.ffrs-retraite-sportive.org

3 Comment préserver le lien social ?

Un autre risque du confinement est la perte prolongée de rela-

PUBLICITÉ

Fonctionnement du cerveau

Mémoriser, raisonner, anticiper, planifier, comprendre… les capacités du cerveau sont illimitées.

Au rythme du cerveau

Le cerveau émet en permanence des ondes dont la fréquence dépend de son activité. Eveil, sommeil, phase intense de réflexion : pour chaque état cérébral, l'activité neuronale est caractérisée par un type d'onde.

Ondes alpha, bêta, gamma : leur rôle est complexe et leur émission par le cerveau dépend de nombreux facteurs, comme l'état psychologique ou encore l'alimentation.

Des études récentes ont par exemple montré le lien étonnant entre Thé vert et ondes alpha. Les feuilles de Thé vert contiennent naturellement une substance appelée L-théanine. Malgré son nom, elle n'a aucun lien avec la théine et ne provoque aucune excitation, bien au contraire. La L-théanine régule la production d'ondes alpha : en situation d'effort intellectuel prolongé, elle est capable de diminuer leur production par le cerveau, ce qui favorise la mémorisation et la concentration. A l'inverse, si le cerveau se trouve en phase d'endormissement, elle stimule leur émission, d'où un effet relaxant propice au sommeil.

Théorie des signatures

La Théorie des Signatures était une méthode d'observation dans l'Antiquité, selon laquelle l'aspect des plantes était une indication de leurs bienfaits pour le corps. La science moderne a depuis confirmé l'efficacité de certaines plantes sur la partie du corps à laquelle elles ressemblent. Ainsi débarrassée de sa coque, la Noix ressemble fortement à un cerveau. Elle est riche en Omegas et en antioxydants, et plusieurs études ont montré ses bienfaits sur la mémoire.

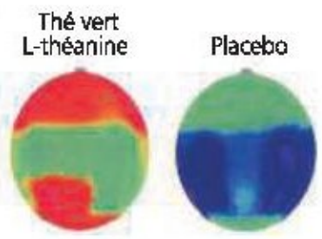
Indispensable irrigation

Le cerveau est incapable de constituer des réserves, et doit donc être alimenté en permanence en glucose. Celui-ci est apporté grâce à un vaste réseau de capillaires, de petits vaisseaux sanguins qui permettent d'irriguer efficacement l'ensemble du cerveau. Leurs fines parois laissent passer le glucose mais aussi l'oxygène indispensable au bon fonctionnement du cerveau. En effet, quelques minutes seulement sans oxygène y entraîne des lésions irréversibles. Là encore, l'alimentation et le mode de vie en général jouent un rôle primordial. La consommation d'aliments riches en antioxydants qui protègent les capillaires, et plus spécifiquement en polyphénols, influence directement le fonctionnement cérébral. Les recherches convergent notamment sur le Pin maritime, dont l'écorce renferme de grandes quantités de proanthocyanidines ou OPC, des polyphénols capables de stimuler la microcirculation sanguine dans les capillaires.

B comme bénéfiques

Le cerveau utilise aussi une multitude de vitamines et minéraux pour fonctionner. Un apport suffisant en vitamines B est particulièrement bénéfique pour maintenir des fonctions cognitives normales (mémoire, concentration, attention). La vitamine B5 par exemple est essentielle à la production de neurotransmetteurs, des substances chimiques qui permettent aux signaux électriques de passer d'un neurone à l'autre pour faire circuler l'information.

Le cerveau passé au scanner



L'activité cérébrale peut être observée grâce au scanner qui met en évidence les zones activées en fonction de l'état dans lequel se trouve le cerveau. La consommation de L-théanine (en rouge) active les zones de la mémoire et de la concentration. Sans L-théanine, ces zones restent inactives (en bleu). Les nombreux travaux de recherche effectués sur le fonctionnement du cerveau ont permis de mettre au point des solutions pour améliorer les fonctions cognitives et les performances intellectuelles. Le laboratoire de recherche végétale New Nordic a mis au point une formule complètement naturelle à base de plantes et vitamines. Baptisée **Cerveau Clair**, elle contient des extraits concentrés de Thé vert, de Noix, de Pin maritime et de Grenade, associés à des vitamines et de l'Iode pour optimiser les performances cérébrales. Ces actifs sont capables d'atteindre le cerveau en quelques heures et sont efficaces sur le long terme. Ils sont donc indiqués pour stimuler les capacités intellectuelles, la concentration et la mémoire, notamment en période de révisions ou d'examens, mais aussi pendant des programmes de plusieurs mois. Les actifs de **Cerveau Clair** atteignent rapidement le cerveau, pour une efficacité en moins d'une heure. Réservé aux adultes de plus de 15 ans.

Disponible en pharmacie et espace diététique

Questions ? Les experts New Nordic vous répondent au 01 85 42 36 31 (tarif local) ou sur www.vitalco.com

Cerveau Clair 60 cp code **ACL 295 18 63**

INTERVIEW

PROFESSEUR ÉRIC BOULANGER SPÉCIALISTE DE MÉDECINE ET BIOLOGIE DU VIEILLISSEMENT, FACULTÉ DE MÉDECINE DE LILLE

« Cette période peut aider à mieux appréhender le vieillissement »

Quels enseignements cette crise sanitaire peut-elle apporter pour mieux gérer sa vie de senior?
Beaucoup de victimes de cette pandémie le sont du fait de polypathologies qui ont fragilisé leur organisme face au virus. Les seniors sont justement à un âge où ils peuvent encore prévenir un certain nombre de maladies chroniques évitables. Il faut pour cela adopter les bons réflexes dans son quotidien.

En quoi le confinement actuel peut-il aider à mieux appréhender ce « bien vieillir »?
Nous avons trop tendance à penser le « bien vieillir » de manière fragmentée comme autant de cases à cocher. En réalité, il faut avoir une approche multidimensionnelle à laquelle le confinement nous renvoie naturellement : s'occuper de son sommeil, mais aussi de son alimentation, de son entraînement physique... Tout est lié et la biologie du vieillissement ne cesse de nous le rappeler : de récents travaux ont notamment montré que le temps de sommeil permettait d'« épurer » des molécules accumulées lors de l'état de veille, dont certaines impliquées dans l'apparition de la maladie d'Alzheimer. Il existe donc un lien direct entre troubles du sommeil et troubles cognitifs.

ÉRIC BOULANGER

Quelles leçons tirer de ce constat pour après la sortie de confinement?
Ce sera tout l'enjeu, à la fois individuel et collectif. De nouveaux usages sont apparus, qui sont liés notamment au numérique qui favorise les liens intergénérationnels ou la pratique de la médecine à distance. Il y a aussi des dispositifs existant comme les consultations de prévention, qui restent mal connues et qui pourront être mieux déployées. ■

Propos recueillis par R. de C.

tions sociales, qui pourrait être un facteur de déclin cognitif selon diverses études. Pour ceux qui ont accès au numérique, le site Grand-Mercredi, dont la fréquentation a bondi à 1,5 million d'utilisateurs, propose des activités aux grands-parents ; Happyvisio propose des conférences en direct aux seniors suivies par plus de 500 personnes à chaque séance... Sans oublier d'innombrables autres sites comme ceux des grands musées ou du Collège de France. « *De nouveaux usages apparaissent qui ne font plus des seniors de simples cibles du marketing*, constate Jacques-François Marchandise, délégué général de la FING (Fondation Internet nouvelle génération). *Mais une partie d'entre eux reste en difficulté avec ces outils numériques.* » Des interfaces comme la plate-forme solidaire (www.solidarité-numerique.fr) proposent depuis mars des tutoriels et un numéro vert pour les aider à se familiariser avec un environnement connecté.

4 Comment adopter les bonnes postures face aux écrans ?

L'omniprésence des écrans implique d'adopter de bons réflexes. En commençant par préserver sa vue en portant régulièrement son regard au loin — pour éviter l'usure des yeux — « *pendant au moins 10 % du temps* », selon Véronique Morin, responsable formation de l'Asnav, l'Association pour l'amélioration de la vue. Elle conseille également de « *placer l'ordinateur légèrement plus bas que le regard (18 % d'inclinaison recommandée) pour éviter de trop solliciter la vision intermédiaire ou de porter des verres mi-distances plus adaptés au travail sur ordinateur* ». Par ailleurs, ne pas oublier de cligner régulièrement des paupières pour renouveler le filtre de larmes qui s'assèche avec l'âge. Attention, il faut éviter de trop pencher la tête sur les écrans pour soulager les cervicales : c'est le regard qui doit se baisser. Le poids de la tête passe de 7 kg en position droite à 17 kg penchée sur un smartphone (30° d'inclinaison vers le bas) et 27 kg sur un écran d'ordinateur encore plus bas ! Préférez enfin les fonds de chaise aux assises droites plutôt que les assises molles pour préserver les lombaires.

5 Comment contenir son stress ?

Si la période engendre une anxiété forte, il reste difficile d'en mesurer l'impact. C'est certainement sur le sommeil que l'effet immédiat est le plus fort, avec un dérèglement accentué par la perte de repères et le manque d'exercice. « *Il est essentiel de préserver des activités physiques et une bonne luminosité car ce sont les deux éléments qui nous synchronisent le plus*, assure la psychiatre Sylvie Royant-Parota, directrice du réseau Morphée (accompagnement des problèmes de sommeil). *Il est pour l'heure difficile de prévoir les phénomènes anxieux qui auront lieu après la fin du confinement. On reprendra son rythme normal de vie, mais il ne faut pas sous-estimer les séquelles d'anxiété qui seront présentes et qu'il sera nécessaire d'apprendre à gérer. Il faudra alors ne pas hésiter à se faire accompagner* », poursuit la spécialiste. ■

www.lesproduitsdumois.com

L'INNOVATION PERTE DE POIDS pour les 45 ANS et + !

Les laboratoires Forté Pharma ont développé **XtraSlim 700 FEMME 45+**, une formule composée de **11 actifs** qui agissent sur la perte de poids(3). Elle est spécialement **adaptée aux femmes de 45 ans et plus** qui souhaitent **se débarrasser de leurs rondeurs abdominales(2)** et **brûler les graisses(1) !**

Inclus dans le produit : un livret conseils et des idées menus !

(1) Le wakamé contribue au métabolisme des graisses. (2) Le thé vert contribue à l'oxydation des graisses. Le fenouil et la chicorée aident à faciliter la digestion. (3) Le thé vert facilite la perte de poids en complément de mesures diététiques.

■ Laboratoires Forté Pharma. Complément alimentaire.
En pharmacie et parapharmacie. www.fortepharma.com

BOOSTEZ VOTRE IMMUNITÉ AVEC MAXI-FLORE®

Ce complexe de probiotiques de nouvelle génération contient **4 ferments lactiques** associés à la **vitamine D** pour contribuer au fonctionnement normal du système immunitaire.

Un sachet **Maxi-Flore®** par jour aide **à renforcer les défenses naturelles de l'organisme et participe à l'équilibre de la flore intestinale.**

■ Pratique, il se dissout instantanément en bouche, goût très agréable. SYNERGIA - Offre immunité à commander sur www.synergiashop.com ou tél. 04 77 42 30 10. En pharmacie, 20 sachets, ACL 2154581, env. 15€.

coup de cœur

BOOSTEUR NATUREL

Besoin d'énergie pour vous concentrer ou étudier ? De renforcer votre système immunitaire ?

Emaxan 5G+ apporte un super boost d'énergie tout en renforçant les défenses de l'organisme, grâce à un cocktail d'extraits végétaux concentrés (Ginseng coréen, Guarana, Eleuthérocoque, Grenade, Gingembre, Hibiscus), de Gelée royale et de vitamines pour agir rapidement et efficacement sur la fatigue physique mais aussi mentale.

L'effet ressenti est **immédiat** et le regain d'énergie est **prolongé**, ce qui vous garantit de rester à 100% de vos performances **tout au long de la journée**.

D'une pureté absolue, **Emaxan 5G+** est la solution naturelle idéale pour retrouver énergie et vitalité tout en augmentant la résistance de l'organisme.

■ En pharmacie Emaxan 5G+ 20 amp 10 ml ACL 6114709 - Au bon goût de framboise - Convient aux végétariens - Plus d'infos au 01 83 96 83 01 (tarif local) - emaxan.com

TROUBLES VESTIBULAIRES, AUDITIFS : AUDISTIMPHARMA L'INNOVATION !

>> VERTIGES, PERTES D'ÉQUILIBRE, INSTABILITÉ ?

Vos troubles de l'équilibre impactent votre qualité de vie ? Vos troubles de l'équilibre sont dus à des altérations de la microcirculation et au stress. Grâce à sa composition Unique et Naturelle, **Audistim® Equilibre va vous soulager !** L'écorce de pin maritime (EPM 150®) et le Gingembre améliorent la microcirculation, favorisent l'oxygénation cérébrale et contribuent à une bonne santé vasculaire. La Passiflore, l'Aubépine, le magnésium et le zinc diminuent le stress. Cure de 3 mois minimum.

■ En pharmacie. Audistimpharma à votre écoute : 05 56 69 13 84,

>> AUDITION PERTURBÉE : sifflements, bourdonnements ?

Audistim® jour/nuit vous soulage ! avec 2 types de gélules. Elles contiennent notamment de la Tryptocétine®, du ginkgo biloba, de la mélatonine, de la mélisse, de l'eschscholzia, du zinc et du magnésium. Son efficacité est **scientifiquement prouvée***.

L'évaluation a porté sur la qualité de vie, le sommeil et le stress. **7 patients sur 10** déclarent connaître une **baisse de la gêne liée à leurs acouphènes**. 3 mois minimum.

■ www.audistimpharma.com (* étude menée sur 3 mois par des ORL, avec 314 patients)

ENVIE DE MINCIR BIO ? SANTAROME BIO A LA SOLUTION !

PERTE DE POIDS 4 en 1 BIO réunit le meilleur de la nature pour agir sur vos rondeurs en 4 actions simultanées ciblées :

1. JE DRAINE MON ORGANISME (Pissenlit et Cassis)
2. JE BRULE LES GRAISSES (Cola, Ananas, Thé Vert)
3. JE RETROUVE UN VENTRE PLAT (Mauve et Ascophyllum)
4. JE REGULE MON APPETIT (Nopal et Caroube)

Cette formule fortement dosée en actifs de 9 plantes bio est enrichie en bourgeons BIO, véritables élixirs, pour une efficacité renforcée.

■ Fabriqué en France - 100% BIO - En pharmacies, para et magasins BIO. ACL 6234315 - Boite 120 gél. - www.santarome.fr

INNOVATION DANS LA LUTTE CONTRE LES DOULEURS : NOCICEPTOL, GEL ANTIDOULEUR EFFICACE ET RAPIDE !

La vie quotidienne, le sport, l'âge... sont à l'origine de bien des douleurs. Débarrassez-vous en maintenant avec **Nociceptol**, concentré d'actifs naturels à base d'huiles essentielles.

Son efficacité a été scientifiquement prouvée !

■ En pharmacie ACL 2035445. www.nociceptol.fr
14,90€ le tube de 120 ml. existe aussi en complément alimentaire. Laboratoire Polidis - 01 47 51 28 00.
Dispositif médical, CE (Etude in-vivo, 12POGAD02, Nov 2013). Consulter les instructions avant utilisation.

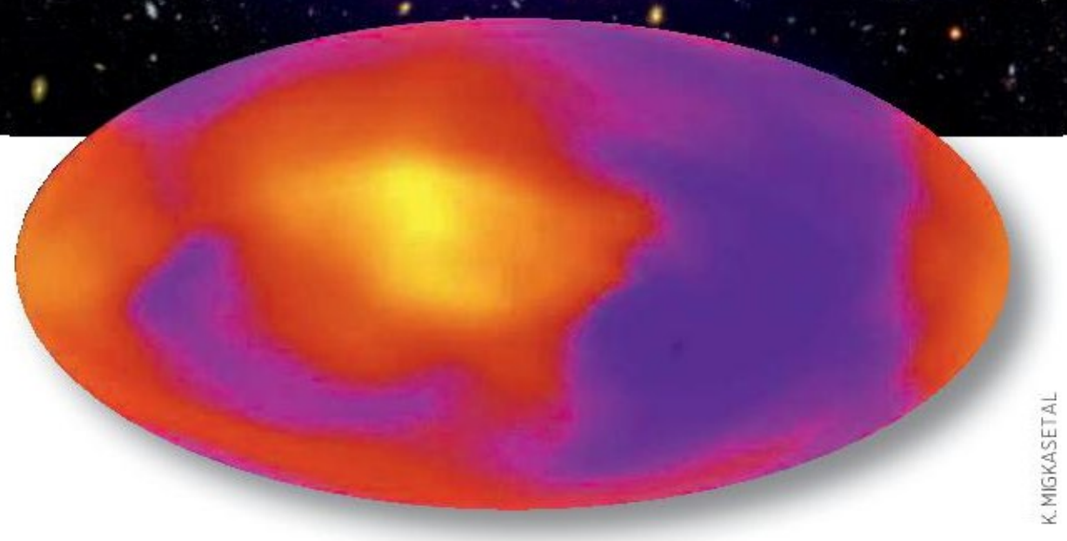
DÉCOUPEZ ET DONNEZ CE COUPON À VOTRE PHARMACIEN

L'Univers pourrait ne pas être homogène

Des observations d'amas de galaxies semblent indiquer une remise en cause du principe fondateur de la cosmologie.

ESA/XMM-NEWTON/SDSS SURVEY

ASTROPHYSIQUE La cosmologie est fondée sur un Univers homogène doté des mêmes propriétés dans toutes les directions. Or de nouveaux résultats obtenus par une équipe allemande, qui a mesuré la température de 800 amas de galaxies, vont à l'encontre de ce principe. Des amas ayant la même température et situés à la même distance présentent en effet des luminosités différentes de 30 % selon la direction d'observation alors qu'ils devraient tous briller de la même manière. Comme s'ils étaient situés plus près ou plus loin qu'attendu. Conséquence : sachant que l'Univers est en expansion, le taux d'expansion pourrait varier de 15 % selon la direction dans laquelle on l'observe. Mais avant de conclure à l'« inhomogénéité » du cosmos, il faudra encore écarter des biais possibles dans l'interprétation des mesures. D'après Florian Pacaud, de l'université de Bonn (Allemagne), cosignataire de l'article, les observations pourraient avoir été affectées par « *la vitesse des galaxies* » ou « *la matière interstellaire qui absorbe une partie de la lumière* ». **A. Kh.**

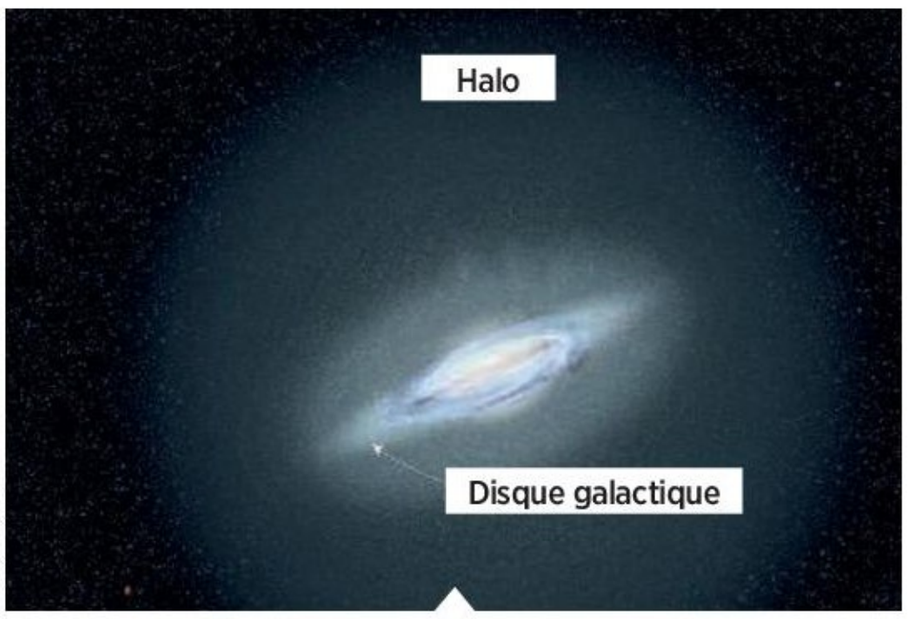


K. MIGKASET AL

D'après les amas proches, le taux d'expansion de l'Univers varierait de 15 % (plus fort en orange, plus faible en mauve).

IL A DIT

« L'eau présente sur notre planète doit être là depuis la formation de la Terre, probablement enfouie profondément dès l'origine » **Cédric Gillmann,** géophysicien à l'Université libre de Bruxelles, après avoir modélisé l'impact de différents types d'astéroïdes.



NASA, ESA, STSCI

Le diamètre du halo de la Voie lactée avoisinerait 1,9 milliion d'années-lumière.

Une estimation inédite de la taille du halo galactique

ASTRONOMIE 120 000 années-lumière (1 année-lumière = 10 000 milliards de km environ) : ce diamètre de la Voie lactée ne correspond en fait… qu'au disque de la Galaxie, qui contient la majorité des étoiles. Pour ce qui est du halo, sphère de gaz ténu qui englobe le disque, une équipe de l'université de Durham (Royaume-Uni) avance le chiffre de 1,9 million d'années-lumière, soit 15 fois plus. Une estimation effectuée à partir des mouvements des galaxies satellites de la Voie lactée. **A. Kh.**

Vers un ordinateur quantique à température ambiante

MATÉRIAUX Rare à l'état naturel mais synthétisable, le carbure de silicium pourrait révolutionner la recherche sur l'ordinateur quantique. Des physiciens ont réussi à maintenir au sein de ce matériau l'état de superposition quantique indispensable aux qubits (les équivalents quantiques du bit) et ce à température ambiante. Celui-ci n'était obtenu jusque-là qu'aux alentours de -260 °C. **A. Kh.**

SOURCE : V. IVÁDY, WIGNER RESEARCH CENTRE FOR PHYSICS, HONGRIE.

Le carbure de silicium permettrait d'obtenir des qubits sans refroidissement.

SPL

ESA/XMM-NEWTON; CFHT-LS; XXL SURVEY

ESO

L'existence d'eau à l'état liquide serait possible grâce à la chaleur dégagée par des éléments radioactifs (vue d'artiste).

Des exoplanètes radioactives abriteraient des océans

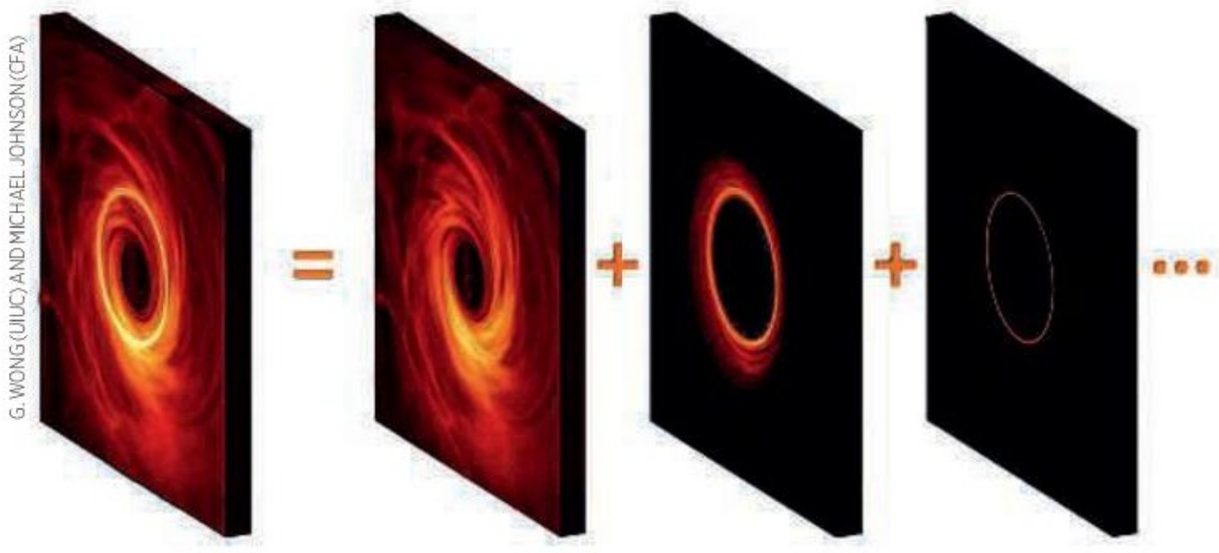
EXIOBIOLOGIE Des exoplanètes hors des zones habitables pourraient abriter d'immenses étendues liquides à condition de renfermer d'importantes quantités d'éléments radioactifs.
La désintégration de ceux-ci pourrait en effet être une source de chaleur comme le sont les rayonnements d'une étoile. Les radiations ne seraient pas incompatibles avec le développement d'organismes vivants comme la bactérie *Deinococcus radiodurans*. **F. D.**

SOURCE : ABRAHAM LOEB, UNIVERSITÉ HARVARD, ÉTATS-UNIS.

Capter les détails des trous noirs

Des chercheurs proposent pour cela d'étendre le télescope virtuel EHT — formé de huit télescopes terrestres — en lui ajoutant un élément en orbite.

ASTROPHYSIQUE Un an après la première photo d'un trou noir supermassif *(lire* S. et A. *n° 867)*, par le télescope Event horizon (EHT) — un instrument virtuel de la taille de la Terre —, une équipe du Center for Astrophysics (États-Unis) propose une approche innovante pour révéler de nouveaux détails de l'anneau central constitué de photons brillants. Cette région correspond à « l'horizon des événements » du trou noir, que l'on peut grossièrement assimiler à sa surface. Les théoriciens prédisent qu'il devrait être formé d'anneaux de plus en plus fins, chacun correspondant aux orbites des photons qui tournent autour du trou noir. Parmi eux, certains seront éjectés et dirigés vers la Terre. Connaître leur nombre et leur forme permettrait de déterminer directement les caractéristiques de l'astre. Reste que pour les saisir, il faudrait compléter l'EHT par un instrument en orbite. **A. Kh.**



G. WONG (UIUC) AND MICHAEL JOHNSON (CFA)

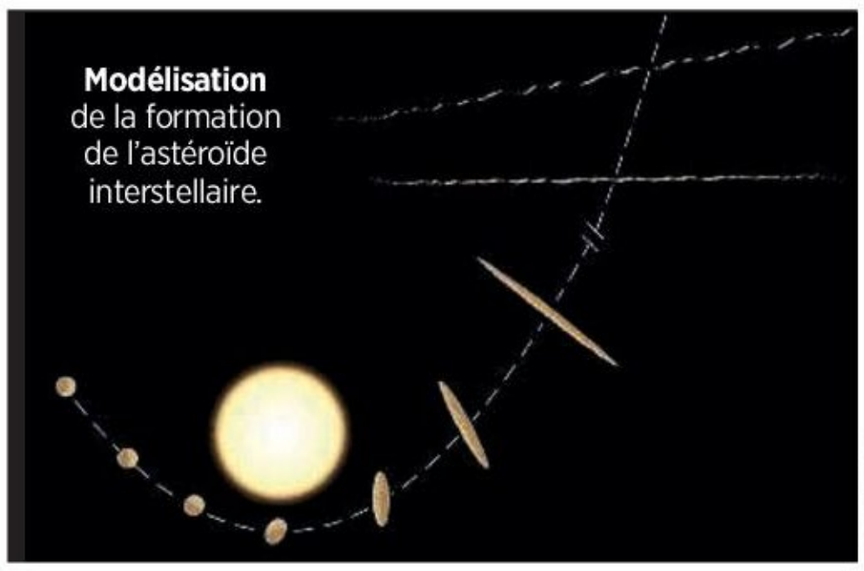
L'anneau central constitué de photons serait un empilement d'anneaux de plus en plus fins.

11 km Le rayon d'une étoile à neutrons

ASTROPHYSIQUE Ces astres très compacts, issus de l'explosion d'une grosse étoile en fin de vie, ont pourtant une masse d'une fois et demie celle du Soleil. Leur rayon était jusque-là estimé à quelques dizaines de kilomètres. La nouvelle valeur a été déduite de l'analyse des données d'une onde gravitationnelle. **A. Kh.**

SOURCE : COLLIN CAPANO, INSTITUT MAX-PLANCK DE PHYSIQUE GRAVITATIONNELLE, HANOVRE, ALLEMAGNE.

L'étonnante origine d'Oumuamua



NAOC/Y. ZHANG

ASTRONOMIE Oumuamua, le premier objet provenant d'un autre système solaire jamais détecté, serait le fragment d'un corps plus gros situé autour d'une étoile lointaine qui, trop proche d'elle, se serait disloqué sous l'effet des forces de marée. Selon une modélisation, de telles forces peuvent bien créer de longs fragments et les éjecter avec assez d'énergie pour qu'ils quittent leur système. **J. I.**

SOURCE : YUN ZHANG, OBSERVATOIRE DE LA CÔTE D'AZUR, NICE.

Des météorites aux grains supraconducteurs

MINÉRALOGIE Deux météorites, l'une trouvée en Australie et l'autre en Antarctique, se sont révélées contenir des minéraux supraconducteurs. Ceux-ci peuvent conduire un courant électrique sans perte aux alentours de -265 °C. Ces grains permettraient des phénomènes électriques pouvant favoriser l'assemblage de molécules organiques. **A. Kh.**

SOURCE : JAMES WAMPLER, UNIVERSITY OF CALIFORNIA SAN DIEGO, LA JOLLA, ÉTATS-UNIS.

Les blazars racontent l'enfance de l'Univers

COSMOLOGIE Situé à près de 13 milliards d'années-lumière de la Terre, le « blazar » — trou noir supermassif dont le jet vient dans notre direction — PSO J0309+27 a dû se former en moins d'un milliard d'années (alors que l'Univers est âgé de 13,8 milliards d'années). Sa détection suggère que de nombreux autres trous noirs se sont formés dans l'enfance de l'Univers. **A. Kh.**

SOURCE : S. BELLADITTA, OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE DE BRERA, MILAN, ITALIE.

555 Ma

La plus ancienne preuve de symétrie bilatérale

ÉVOLUTION *Ikaria wariootia* est le plus ancien animal connu ayant une symétrie bilatérale qui différencie l'avant de l'arrière, le côté droit du gauche et la face postérieure de la ventrale. Des traces de ce ver doté d'organes sensoriels rudimentaires viennent d'être découvertes dans des sédiments en Australie. Il devait vivre sur les fonds océaniques, enfoui sous le sable. **J. I.**

SOURCE : SCOTT EVANS, UNIVERSITÉ DE CALIFORNIE À RIVERSIDE, ÉTATS-UNIS.

Cuivre indigène pour armes espagnoles

LEEMAGE

Les Espagnols ont conquis le Mexique en 1519-1521.

HISTOIRE Après la conquête du Mexique, des Espagnols dépourvus de savoir sur la réduction du minerai de cuivre ont utilisé les connaissances autochtones pour obtenir le métal indispensable à la fabrication de canons en bronze. La découverte des vestiges d'un four local et d'un soufflet de type européen confirme des faits déjà connus par des documents. **B. A.**

SOURCE : DOROTHY HOLSTER, MIT, CAMBRIDGE, ÉTATS-UNIS.

Reconstitution d'« Asteriornis maastrichtensis » (ci-dessus) et une réplique de son crâne *(à droite)*.

PHILIP KRZEMINSKI - UNIVERSITY OF CAMBRIDGE

Voici l'ancêtre des canards et des poulets

Cet oiseau, dont le fossile daté de 66,7 millions d'années vient d'être mis au jour, était le contemporain des derniers dinosaures.

PALÉONTOLOGIE Une analyse par scanner a permis de débusquer, dissimulé dans une roche des Pays-Bas, le plus ancien fossile d'oiseau moderne jamais découvert. Contemporain des derniers dinosaures avec ses 66,7 millions d'années, il est aussi l'ancêtre des canards et des poulets. Surnommé Wonderchicken (« superpoulet », en anglais), gros comme une caille et doté d'un bec, il a survécu à l'extinction de masse provoquée par la météorite qui a emporté tous ses cousins théropodes géants, comme *Tyrannosaurus rex*. Jusqu'à présent, la grande majorité des volatiles préhistoriques avaient été trouvés en Asie, dans la province chinoise du Liaoning, et non en Europe. Ce fossile indique que les ancêtres de certains oiseaux modernes étaient des créatures terrestres de petites tailles, familières des rivages marins. « Asteriornis maastrichtensis *inaugure une nouvelle ère de découvertes fossiles qui aideront à clarifier comment, quand et où les oiseaux modernes ont évolué pour la première fois* », estime l'un de ses découvreurs, Daniel Field, de l'université de Cambridge (Royaume-Uni). **R. M.**

Celtique, romain ou médiéval, mais quel est l'âge du géant de Cerne Abbas ?

GÉOGLYPHES 55 mètres de long sous le ciel, nu, une massue à la main… Des analyses sont en cours pour déterminer l'âge de l'énigmatique colosse de Cerne Abbas, dans le Dorset, en Angleterre. Depuis le XVIIe siècle, diverses origines ont été attribuées à cette spectaculaire figure creusée dans la craie. Divinité celtique, réalisation romaine ou médiévale, des datations OSL (par luminescence simulée optiquement) conduites par des archéologues de l'université de Gloucester devraient bientôt trancher. **B. A.**

ALAMAY/PHOTO12

Le géoglyphe a été découvert au XVIIe siècle, dans le Dorset (Angleterre).

PHILIPP GUNZ

Lucy, un cerveau de singe mais à croissance lente

PALÉOANATOMIE Scannées avec des outils de haute précision, des empreintes cérébrales et des dents *(en couleur sur l'image ci-dessus)* révèlent que le cerveau d'*Australopithecus afarensis* — l'espèce de Lucy —, quoique configuré comme celui des singes, avait une croissance lente, comme celui des humains. **R. M.**

SOURCE : PHILIPP GUNZ, INSTITUT MAX PLANCK DE LEIPZIG, ALLEMAGNE.

Une forêt fossile découverte en Antarctique

PALÉOENVIRONNEMENT Des scientifiques ont découvert un sol forestier datant de -90 millions d'années dans des fonds marins près du pôle Sud. Passés au scanner, les échantillons ont révélé un fascinant réseau de racines, mais aussi des traces de pollen, de spores ou de restes de plantes à fleurs. Assez pour conclure qu'à l'époque le paysage était dominé par une forêt dense et marécageuse. **J. I.**

SOURCE : JOHANN PKLAGES INSTITUT ALFRED WEGENER POUR LA RECHERCHE POLAIRE ET MARINE, BREMERHAVEN, ALLEMAGNE.

La région du pôle Sud, il y a 90 millions d'années

BRUNO BOURGEOIS

Hiberner ou manger, l'ours n'a pas pu choisir

PALÉONTOLOGIE C'est son crâne, idéal pour hiberner mais handicapant pour diversifier son alimentation quand les végétaux manquent, qui a condamné l'ours des cavernes européen à disparaître il y a 24 000 ans. Ses sinus hyperdéveloppés lui permettaient d'abaisser sa fréquence cardiaque et sa respiration pour sommeiller en période hivernale. Mais cette spécialisation l'a empêché de développer une mâchoire d'omnivore. **R. M.**

SOURCE : ALEJANDRO PEREZ-RAMOS, UNIVERSITÉ DE MALAGA, ESPAGNE.

Neandertal tissait des cordes

QUOI ? La première preuve de fabrication de cordages par des néandertaliens, il y a 42 000 ans.

COMMENT ? Ils roulaient entre leurs doigts puissants plusieurs brins végétaux arrachés à la partie charnue d'un tronc d'arbre, juste sous l'écorce, afin de les attendrir pour pouvoir les tresser.

OÙ ? Dans l'abri du Maras, en Ardèche, un site occupé de -90 000 à -40 000 ans par nos lointains cousins néandertaliens.

PAR QUEL MOYEN ? Un examen au microscope électronique à balayage a permis à l'équipe de Marie-Hélène Moncel, préhistorienne au Muséum national d'histoire naturelle, d'identifier des résidus végétaux tressés dans de la brèche (sédiment durci) conservée sur un éclat de silex. **B. A.**

C2RMF

Le résidu de corde, ici vu au microscope, mesure 6,2 mm de long pour 0,5 de large.

Sur les traces d'un tombeau royal égyptien

ÉGYPTOLOGIE **Un dépôt funéraire composé des restes d'une oie, d'œufs d'ibis et de fragments de sceaux royaux a été découvert par une équipe polonaise de l'université de Varsovie dans des coffrets de pierre enfouis à Deir el-Bahari (Égypte). Sa présence pourrait signaler la proximité d'un temple ou d'une tombe inconnus liés au pharaon Thoutmosis II (1510-1470 avant J.-C.). B. A.**

ANDRZEJ NIWIŃSKI

Ce coffret de pierre vieux de 3500 ans contenait un dépôt funéraire.

Le cercle des mammouths disparus

Une structure monumentale en os de mammouths a été découverte en Russie. Vieille de 25 000 ans, elle serait la plus ancienne connue.

A.E. DUDIN

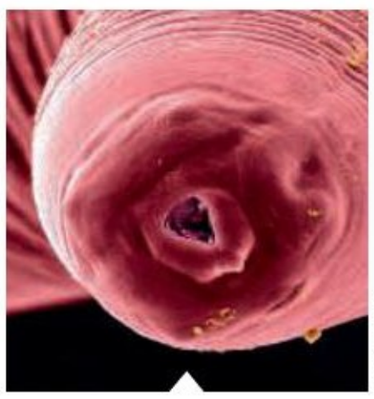
Constituée de côtes, mâchoires, crânes, vertèbres, omoplates et défenses, la construction mesurait plus de 12 m de large.

PALÉONTOLOGIE C'est un spectaculaire ossuaire constitué de côtes, mâchoires, crânes, vertèbres, omoplates, ainsi que de défenses de mammouths qui a été mis au jour sur les rives du Don, à 70 km au sud de Voronej, en Russie. Selon les spécialistes de l'université d'Exeter (Royaume-Uni) à l'origine de la découverte, la monumentale structure datée de -25 000 ans serait contemporaine des chasseurs-cueilleurs qui parcouraient la steppe à la fin du pléistocène. L'imposant assemblage a été dégagé au cœur du gisement préhistorique de Kostanki où, dans les années 1950, deux huttes en os d'éléphantidés avaient déjà été exhumées. 70 structures en os de mammouths ont été dénombrées à ce jour en Europe de l'Est, notamment à Mezhyrich, dans le bassin du Dniepr, en Ukraine, ainsi qu'en Moravie (République tchèque) et dans le sud de la Pologne. Des analyses inédites ont révélé que les occupants de cette construction hors norme se nourrissaient aussi de végétaux, comme des racines ou des tubercules. **B. A.**

De plus en plus de vers dans les sushis

ICHTYOLOGIE
L'abondance de vers parasites Anisakis infectant les poissons comestibles est aujourd'hui 283 fois supérieure à ce qu'elle était à la fin des années 1970. Cette explosion serait liée à la meilleure santé des populations de cétacés marins dans le corps desquels ils se reproduisent. Que les amateurs de sushis se rassurent ! La congélation — tout comme la cuisson — éliminent ces nématodes qui provoquent diarrhées et allergies. R. M.

SOURCE : EVAN FIORENZA, UNIVERSITÉ DE WASHINGTON, SEATTLE, ÉTATS-UNIS.



BIOSPHOTO

Le ver « Anisakis », qui parasite les poissons, provoque des diarrhées.

CELINE PARIAS - INRAE

Devant chaque visage familier, le cheval était incité à appuyer son museau sur l'écran.

Les chevaux sont physionomistes

Des chercheurs ont soumis avec succès des équidés à un test de reconnaissance de visages humains.

ÉTHOLOGIE Les chevaux reconnaissent les humains à leur visage ! Cette faculté n'avait encore jamais été mise en évidence : les chercheurs pensaient que les équidés ne distinguaient les individus qu'à l'odeur, la voix ou au geste. Or une équipe de l'Institut français du cheval et de l'équitation (IFCE) et de l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae) de Tours a entraîné 11 chevaux à utiliser des écrans. « *Nous avons ensuite fait défiler deux par deux des visages anonymes en alternant avec ceux de soigneurs ou de proches,* explique Léa Lansade, chercheuse à l'IFCE. *Quand ils en reconnaissaient un, les chevaux étaient invités à poser leur museau sur l'écran pour obtenir une récompense.* » Leurs résultats publiés dans *Scientific Reports* apportent la preuve de cette fonction cognitive.

La même équipe a prouvé par ailleurs que les équidés peuvent associer une expression faciale humaine (colère, joie) au cri correspondant. De quoi repenser les relations entre l'humain et le cheval. **L. C.**

Vers du plastique recyclé à l'infini

ENVIRONNEMENT Le Toulouse Biotechnology Institute (TBI) et ses 350 chercheurs, associés à la start-up Carbios, ont fait la « une » de la revue *Nature* du 9 avril avec une méthode inédite de recyclage des bouteilles plastiques en PET. Leur approche repose sur des enzymes. Par hydrolyse, elles « découpent » les polymères pour obtenir les éléments de base de leur fabrication. Le procédé génère ainsi des molécules prêtes à être réemployées pour de nouvelles bouteilles. **L. C.**

AFP

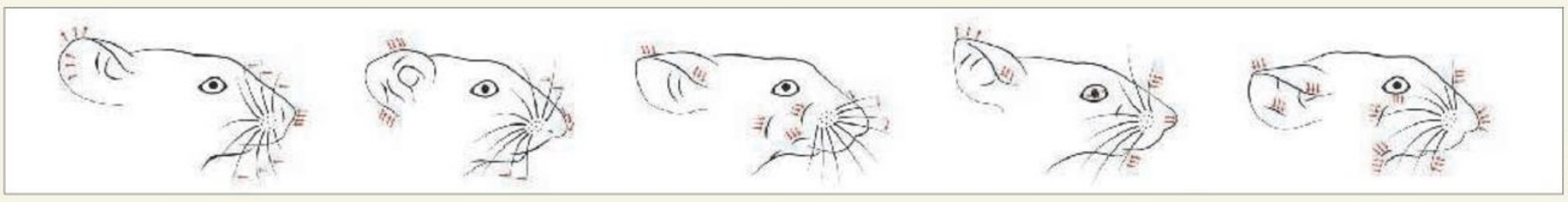
200 m

La profondeur à laquelle la lumière artificielle pénètre dans les océans

OCÉANOGRAPHIE Les organismes marins de l'Arctique sont affectés par la lumière artificielle jusqu'à -200 m. La fonte de la banquise qui conduit à l'intensification du trafic maritime est à l'origine de cette pollution lumineuse. Elle perturbe des populations qui se servent de la lumière et de la bioluminescence pour s'orienter afin de chasser ou de s'accoupler. **S. R.**

SOURCE : JØRGEN BERGE, UNIVERSITÉ DE TROMSØ, NORVÈGE.

Cinq émotions de la souris se lisent sur son museau



JULIA KUHL

Dégoût **Joie** **Douleur** **Peur** **Nausée**

ÉTHOLOGIE Joie, dégoût, nausée, douleur et peur : l'expression faciale des souris a été décodée ! Pour faire cette découverte, l'équipe de Nadine Gogolla, de l'Institut Max-Planck de neurobiologie de Martinsried (Allemagne), a filmé les rongeurs dans diverses situations tandis qu'un logiciel de reconnaissance faciale en temps réel analysait le moindre frémissement de moustache. Elle a même établi qu'une zone cérébrale (le cortex insulaire) s'active différemment selon les expressions. Des « neurones émotionnels », en somme. **E. S.**

LE TWEET DU MOIS

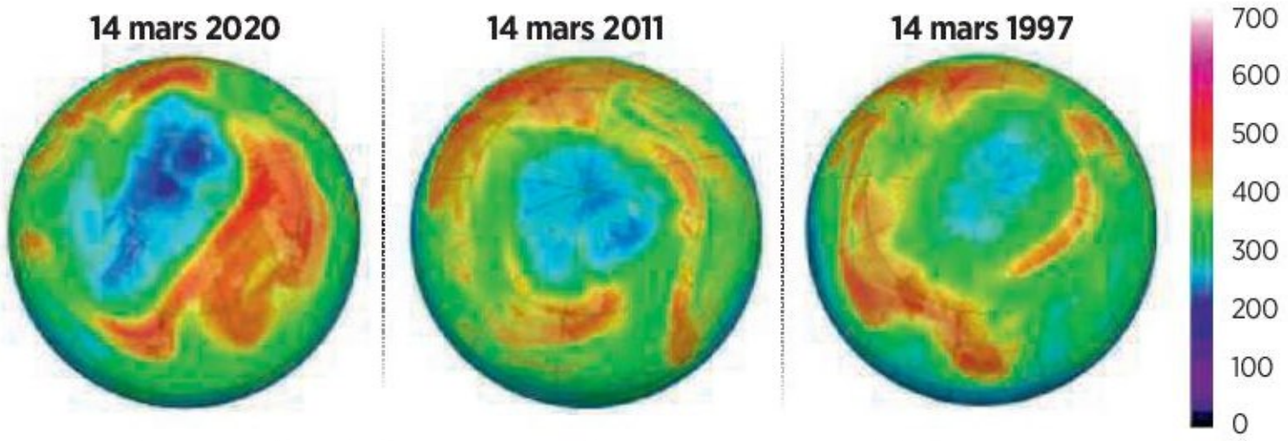
L'Himalaya visible à 200 km !

COMPTE PARAS, TWITTER

Cimes enneigées vues depuis Pahankot, au Pendjab, sur le réseau social Twitter, le 4 avril.

ENVIRONNEMENT C'est une première depuis trente ans : les cimes enneigées de l'Himalaya ont pu être admirées depuis l'État indien du Pendjab, distant de 200 kilomètres. En témoignent de nombreuses publications sur les réseaux sociaux. Une visibilité rendue possible par la chute drastique de la pollution consécutive à l'instauration le 22 mars du confinement pour lutter contre l'épidémie de Covid-19. **M. B.**

Un nouveau trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique



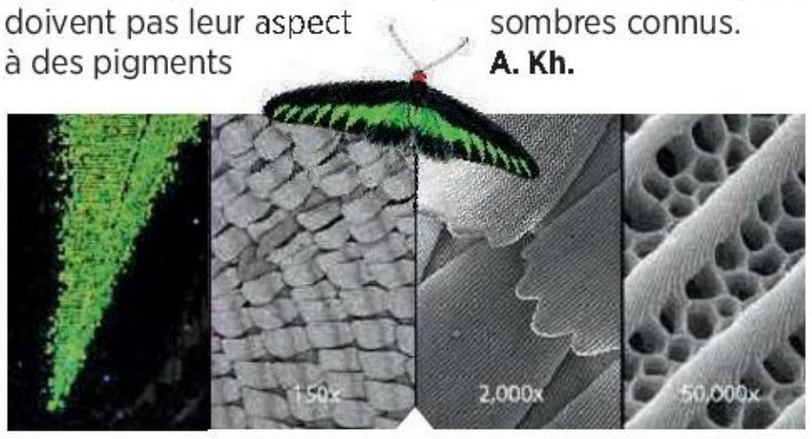
Concentration de l'ozone en Arctique, mesurée en unités Dobson. Les teintes bleues représentent les teneurs les plus faibles.

NASA OZONE WATCH/ SEVERE WEATHER EUROPE

CLIMATOLOGIE Un trou d'un million de km² a été observé en mars dans la couche d'ozone au-dessus de l'Arctique. Le phénomène est connu en Antarctique, mais c'est la première fois qu'on l'observe avec une telle ampleur dans la région du pôle Nord. Il s'expliquerait par la présence ponctuelle de masses d'air glaciales au sein desquelles le chlore — émis avant l'interdiction des CFC — et le brome (lui est issu de l'incinération de nos déchets) ont réagi avec l'ozone. **S. R.**

Pour ce papillon, noir c'est (encore plus) noir

ENTOMOLOGIE Le secret de l'ultranoir d'une dizaine d'espèces de papillons a été percé. Une équipe de l'université Duke (États-Unis) vient de découvrir qu'ils ne doivent pas leur aspect à des pigments mais à un réseau de nanostructures complexes qui absorbe la lumière. Leurs ailes réfléchissent ainsi à peine 0,06 à 0,4 % de la lumière contre 1 à 3 % pour les insectes les plus sombres connus. **A. Kh.**



NATUREPL/EBPHOTO - ALEX DAVIS, DUKE UNIVERSITY

Un réseau de nanostructures (ici, vues à divers grossissements) absorbe la lumière sur le corps de l'insecte.

Le calmar communique par la peau

ZOOLOGIE Dans l'obscurité la plus complète, les calmars communiquent grâce à des signaux lumineux sur leur épiderme, ont découvert deux chercheurs américains. Ils ont établi que l'encornet géant (*Dosidicus gigas*) fait appel pour cela à des organes bioluminescents de ses tissus musculaires. La variété de ces signaux évoque un langage dont la syntaxe reste à décoder. **H. R.**

SOURCE : B. BURFORD, STANFORD UNIVERSITY, PACIFIC GROVE, ÉTATS-UNIS.

MAXPPP

QUESTIONS À

Laurence Tubiana

Présidente de la Fondation européenne pour le climat

« Le report de la COP26 pourrait être une chance »

Quelles conséquences aura le report de la COP26 qui devait se tenir en Écosse en novembre ?
Ce report à 2021 — inévitable en cette période de crise sanitaire mondiale — n'est peut-être pas entièrement négatif. Cette année, le G20 est présidé par l'Arabie saoudite et le G7 par les États-Unis, deux pays qui ne sont pas engagés dans la lutte contre le changement climatique. L'année prochaine, c'est l'Italie qui sera à la tête du G20 tandis que le Royaume-Uni présidera le G7, deux États favorables à la convention. Nous saurons aussi en novembre prochain si le président américain Donald Trump est réélu, ce qui confirmerait malheureusement — si tel était le cas — le départ des États-Unis de l'accord de Paris signé en 2015.

Y a-t-il eu des progrès sur les contributions nationales de réduction des gaz à effet de serre ?
Très peu. Par exemple, le Japon n'a pas modifié sa contribution, nettement insuffisante pour la troisième économie mondiale. À l'inverse, la Corée du Sud a publié un plan de transition ambitieux pour les énergies renouvelables et l'électrification des transports. 120 pays dont les 27 de l'Union européenne ont par ailleurs adopté l'objectif d'une neutralité carbone d'ici à 2050.

Justement, où en est l'Europe ?
Le « pacte vert » lancé par la nouvelle Commission européenne veut porter la baisse des émissions de gaz à effet de serre à 55 % d'ici à 2030, contre 40 % décidés par l'ancienne commission.

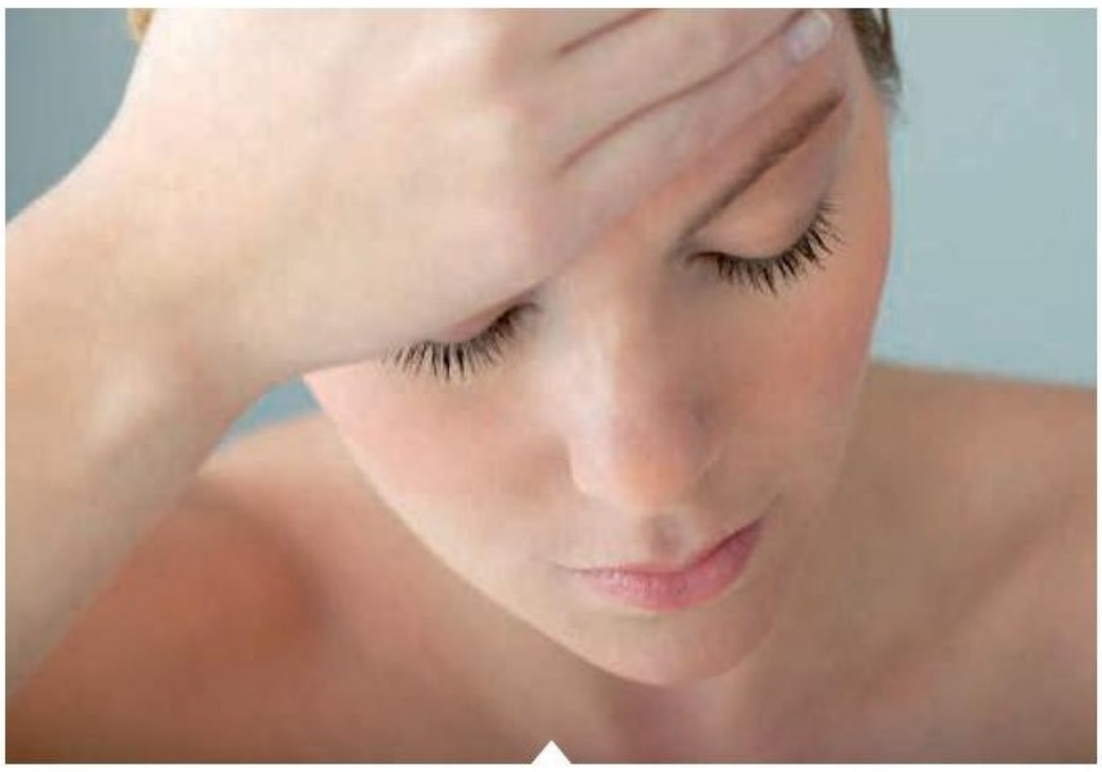
Propos recueillis par L. C.

Pourquoi le stress donne de la fièvre ?

Cette élévation de la température du corps s'explique par la combustion des graisses.

NEUROLOGIE Mains moites, cœur qui s'emballe, mais aussi impression de chaleur. Un stress intense provoque diverses sensations parmi lesquelles la dernière serait bien due à une poussée de fièvre, avancent des scientifiques japonais de l'université de Nagoya. Mieux, après avoir mené des expériences sur des rats, ils concluent qu'elle serait produite par la combustion de graisses corporelles.

La réponse au stress est en partie contrôlée par une structure du système nerveux, l'hypothalamus. En y injectant un traceur, les chercheurs ont repéré des connexions avec deux autres régions du cerveau, l'une en amont, l'autre en aval. Ainsi, les neurones qui récupèrent les signaux de l'hypothalamus les acheminent vers des tissus adipeux. Là, la combustion de graisse se déclenche entraînant production de chaleur et élévation de la température du corps. On ignore si cette action a une fonction ou s'il s'agit d'une « erreur d'aiguillage » des signaux nerveux. **H. C.**



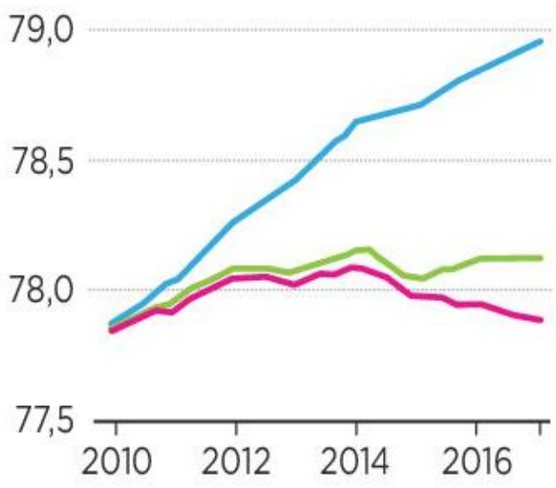
© B. BOISSONNET/BSIP

Une structure cérébrale commande la combustion du tissu adipeux.

EN DEUX MOTS

SIDA. Après le « patient de Berlin » en 2011, un second patient (londonien) vient d'être considéré comme guéri, n'ayant manifesté aucun signe du virus depuis 30 mois malgré l'arrêt des traitements. **ANTIDÉPRESSEURS.** Des scientifiques français et canadiens ont découvert un biomarqueur sanguin qui pourrait prédire la réponse d'un malade aux antidépresseurs. **FROID SALVATEUR.** Abaisser la température du corps à 33 °C permettrait de protéger les cellules après une commotion cérébrale, annoncent des médecins américains.

L'espérance de vie des Américains n'augmente plus



78,9 ans : si la mortalité cardio-vasculaire avait continué à baisser après 2009.

78,2 ans : si la mortalité due à la consommation de médicaments opiacés s'était maintenue à son niveau de 2010.

77,8 ans : espérance de vie observée

SOURCE : Max Planck Institute

SANTÉ PUBLIQUE Depuis 2010, l'espérance de vie des Américains n'augmente plus, contrairement à celle des Européens et Japonais (ci-dessus les valeurs pour les hommes). Ce plateau, qui concerne tous les États, est surtout dû au maintien d'une mortalité par maladies cardio-vasculaires plus élevée qu'attendue, révèle une étude américano-finlandaise. Cette persistance d'une mortalité cardio-vasculaire importante pourrait découler de plusieurs facteurs tels que l'obésité, l'abus de drogues et de médicaments, en forte croissance dans le pays, ou encore le stress. **P. K.**

Réparer les neurones dans la sclérose en plaques

THÉRAPEUTIQUE Très présent dans la peau des pommes, l'acide ursolique peut activer la réparation des neurones dans un modèle de sclérose en plaques chez la souris. Pris oralement, il fait chuter l'inflammation et relance la fabrication de la gaine de myéline des neurones dégradée par cette maladie auto-immune. Peu coûteux, l'acide ursolique est capable de passer dans le cerveau. Son innocuité à hautes doses va être testée chez l'humain. **P. K.**

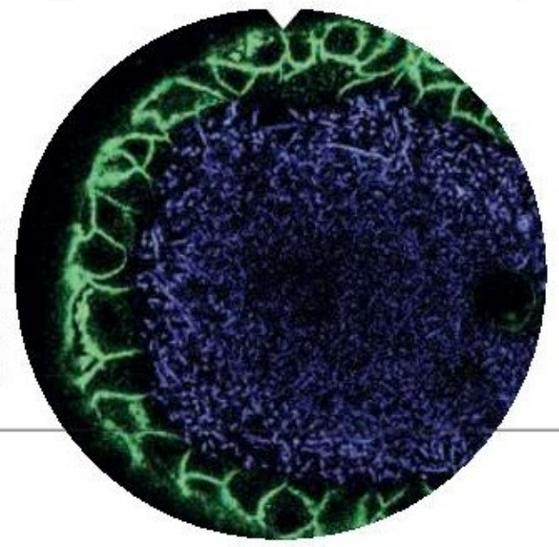
SOURCE : YUAN ZHANG, THOMAS JEFFERSON UNIVERSITY, PHILADELPHIE, ÉTATS-UNIS.

BRUNO BOURGEOIS

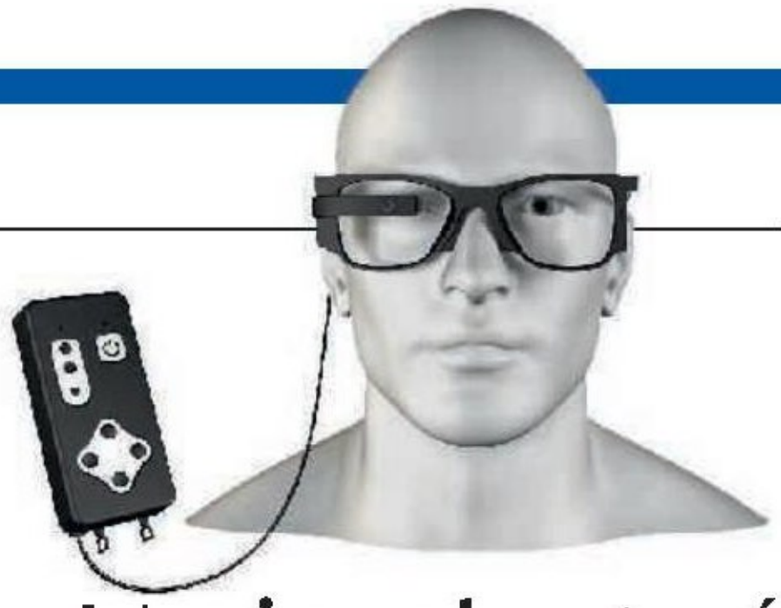
Une bactérie impliquée dans le cancer du côlon

ONCOLOGIE Les médecins suspectaient depuis plusieurs années la très commune *Escherichia coli* de provoquer des cancers du côlon. Une équipe néerlandaise de l'université d'Utrecht montre que cela pourrait bien être le cas, à l'aide d'organoïdes d'intestins humains conçus à partir de cellules souches. En cause, une toxine de la bactérie qui induit des cassures dans l'ADN du patient. **H. R.**

Représentation d'injection de bactéries (en bleu) dans un organoïde d'intestin humain (en vert).



HUBRECHT INSTITUTE



Inséré sous la rétine, l'implant est relié à des lunettes dotées d'une caméra.

PIXIUM VISION

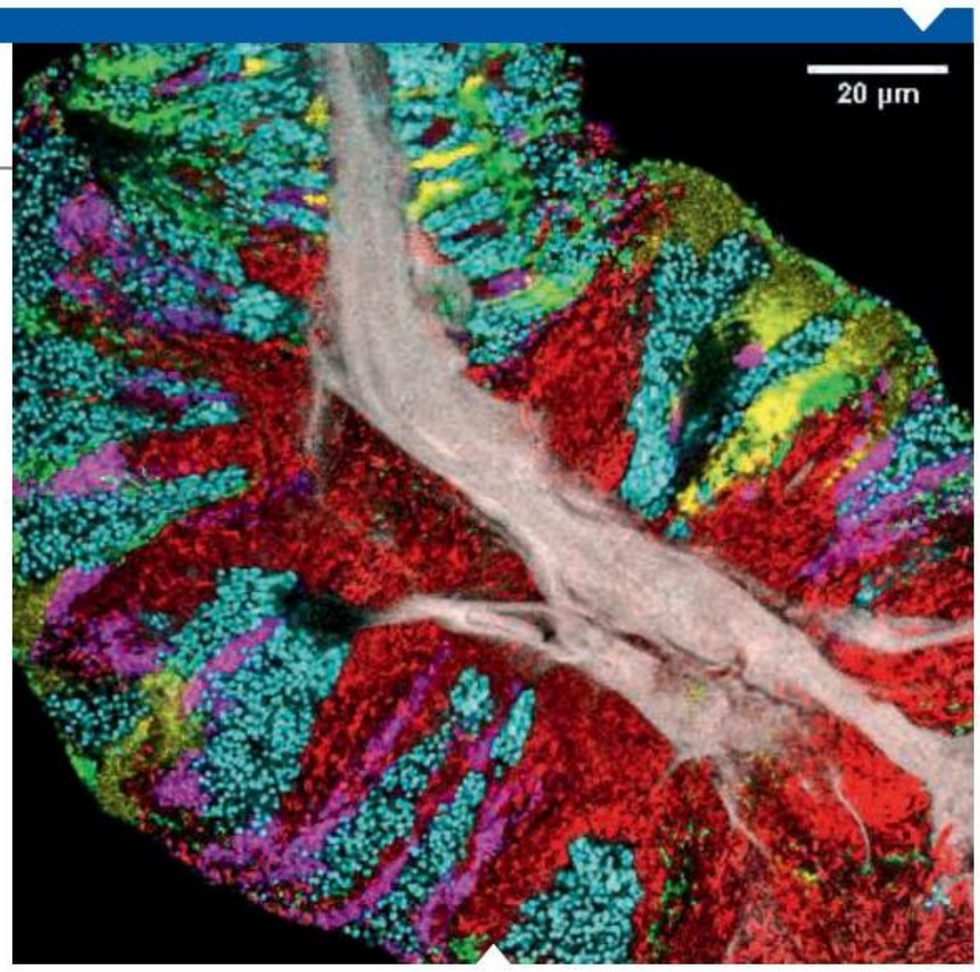
Un implant rétinien pour voir à nouveau

Il permet à des personnes atteintes de DMLA de recouvrer une partie de la vision.

OPHTALMOLOGIE Cinq patients atteints de dégénérescence maculaire liée à l'âge (DMLA) — maladie dégénérative de l'œil qui touche 25 à 30 % des plus de 75 ans — ont recouvré une partie de la vision grâce à un implant rétinien relié à des lunettes dans lesquelles avait été intégrée une caméra. Cet équipement, nommé Prima, est développé par la société française Pixium Vision. Le principe est d'insérer dans la rétine un implant carré de 2 millimètres de côté et 30 micromètres d'épaisseur, équipé de 378 électrodes, pour remplacer les cellules de la rétine qui convertissaient, avant la maladie, la lumière en influx électrique. L'implant reçoit les rayonnements lumineux captés par la caméra et transmet l'influx aux cellules nerveuses du nerf optique. Pour l'heure, les malades ne perçoivent que des images en noir et blanc, les scientifiques ne savent pas comment transmettre artificiellement au cerveau les informations sur les couleurs. Une étude européenne sur plusieurs dizaines de patients doit commencer fin 2020 et durer trois ans afin d'obtenir une autorisation de commercialisation en Europe et aux États-Unis, pour un prix d'environ 80 000 euros. **C. G.**

L'œil de Lascar

LE PR DIDIER RAOULT promeut depuis le mois de février à l'institut hospitalo-universitaire Méditerranée Infection (Marseille) un traitement à base de chloroquine conjugué à un antibiotique (l'azithromycine) pour traiter les patients atteints de Covid-19 *(voir aussi p. 14)*. **O. L.**



S. WILBERT, G. BORISY, THE FORSYTH INSTITUTE

Amas de différents types de bactéries (en couleurs) sur une cellule linguale vus en fluorescence.

La langue est colonisée par des micro-organismes

STOMATOLOGIE Sur la langue, les espèces de bactéries sont réparties de manière organisée et structurée autour du cœur des cellules épithéliales qui tapissent la face interne et externe de la langue. Des scientifiques de l'École de médecine dentaire de Harvard (États-Unis) ont pu l'observer en utilisant une technique d'imagerie en fluorescence. Ils ont aussi établi que leur répartition est influencée par des facteurs comme la température, l'humidité, l'acidité, le flux salivaire ou encore l'hygiène buccale. **E. S.**

10,6 % La proportion de gauchers

NEUROLOGIE La plus vaste méta-analyse jamais réalisée sur la prévalence de l'utilisation de la main gauche pour différentes tâches manuelles a été menée chez 2396170 individus à travers le monde. Cette proportion d'un dixième resterait constante malgré les pressions culturelles incitant à utiliser plutôt la main droite. **E. S.**

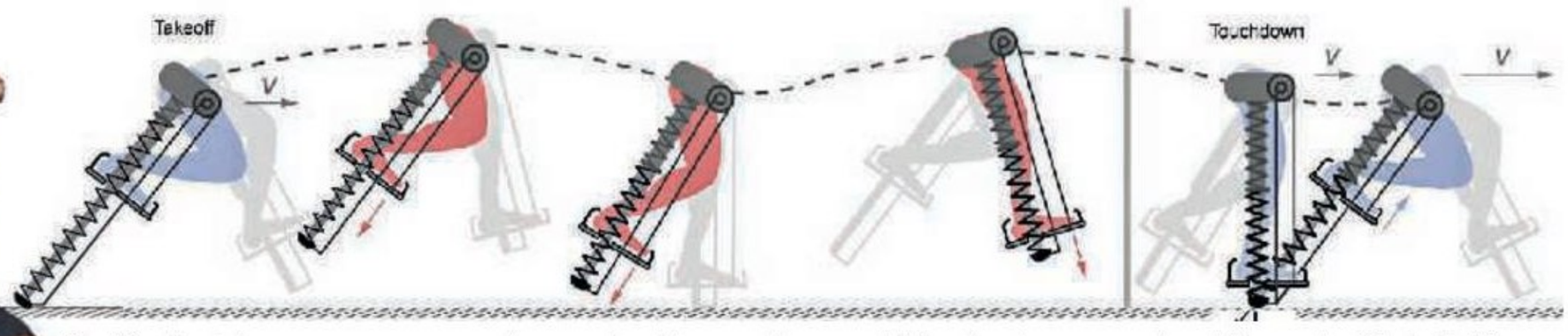
SOURCE : MARIETTA PAPDATOU-PASTOU, UNIVERSITÉ D'ATHÈNES, GRÈCE.

L'addiction à la nicotine est aussi génétique

ADDICTOLOGIE La dépendance à la nicotine est influencée par une prédisposition génétique. Une équipe de la Queen Mary University à Londres a testé des poissons-zèbres génétiquement modifiés pour déterminer lesquels préféraient la nicotine. Par sélections successives des familles, les chercheurs sont remontés jusqu'à une mutation dans le gène Slit3 liée au comportement. Un résultat que l'on pourrait extrapoler aux humains chez qui existe un gène équivalent. **H. J.**

PLAINPICTURE

Une mutation dans un gène pourrait prédisposer à la dépendance à la nicotine.



En décollant, le coureur compresse le ressort qui le propulse quand il touche de nouveau le sol (à gauche, Usain Bolt).

AFP - A. SUTRISNO, D. J. BRAUN

Un exosquelette permettra de courir plus vite qu'Usain Bolt

Des chercheurs américains ont modélisé un dispositif fondé sur deux ressorts couplés à chaque jambe.

BIOMÉCANIQUE Voici une solution inédite pour faire voler en éclats le record du 100 mètres... du moins sur ordinateur. Amanda Sutrisno et David Braun, de la Vanderbilt University (États-Unis), ont en effet imaginé et modélisé un exosquelette qui permettrait d'aller plus de 50 % plus vite que la vitesse maximale (44,28 km/h) jamais atteinte par un humain, en l'occurrence le Jamaïcain Usain Bolt ! Et ce, sans apport externe d'énergie.

Leur idée est d'exploiter le temps où les pieds ne touchent pas le sol et ne contribuent donc pas à faire avancer l'athlète. Pour ce faire, les chercheurs envisagent d'utiliser un ressort couplé à chaque jambe. Le dispositif serait installé le long des deux membres, relié aux pieds et au corps. Au décollage, le coureur compresse le ressort en allongeant la jambe. Au moment du contact avec le sol, celui-ci le propulse en avant beaucoup plus loin qu'il ne l'aurait fait avec ses seuls muscles. Au-delà du sport, le dispositif pourrait servir lors d'opérations de secours ou de sauvetage. **O. H.**

17 Le nombre de types de téléphones piratés par ultrasons

SÉCURITÉ Tous semblent vulnérables, même les modèles haut de gamme comme l'iPhone d'Apple ou le Galaxy de Samsung. Des chercheurs de l'université Washington, à Saint Louis (États-Unis), ont réussi à contrôler des smartphones à distance en activant leurs commandes vocales grâce à des ultrasons imperceptibles pour l'oreille humaine. Ils ont ainsi pu lire des SMS ou passer des appels frauduleux. **O. H.**

Le meilleur avatar, c'est vous

JEUX VIDÉO Pour être efficace dans les jeux vidéo de gym, de danse ou de tennis, il vaut mieux choisir comme coach virtuel un avatar auquel on peut physiquement s'identifier. Des scientifiques britanniques ont en effet établi que les performances et la motivation sont alors plus élevées qu'avec un coach idéalisé, qui ne ferait que flatter l'ego. **O. H.**

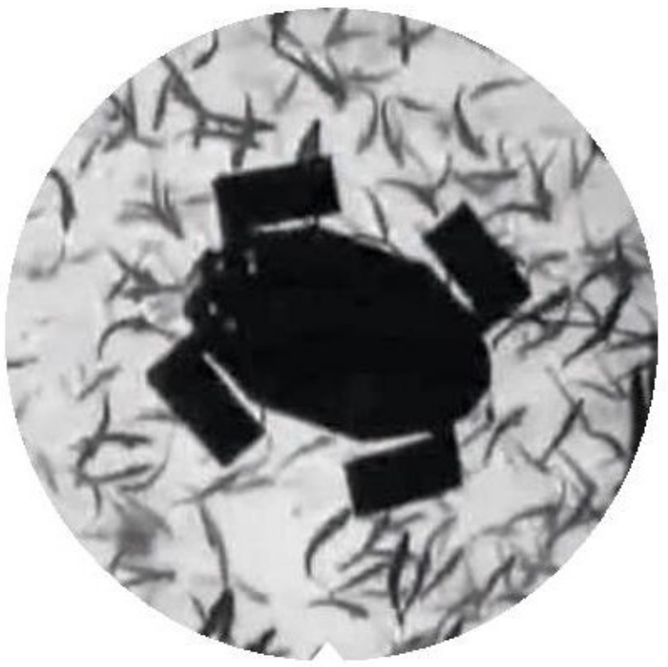
SOURCE : JORDAN KOULOURIS, UNIVERSITÉ DE BATH, ROYAUME-UNI.

C. LUTTEROTH

Joueur **Avatar réaliste** **Avatar idéalisé**

Du pollen pour faire du papier

MATÉRIAUX Pour des scientifiques de l'Université technologique de Nanyang à Singapour, le pollen n'est pas synonyme d'allergie saisonnière, mais de nouveau matériau. Ils ont en effet développé à partir de grains chimiquement modifiés une sorte de papier qui se plie et se déplie en fonction de l'humidité ambiante. Il pourrait être utilisé dans la conception de robots mous, de capteurs ou encore de muscles artificiels. **O. H.**



La présence de la machine stresse moins les poissons que des plongeurs humains.

NTNU

Des robots-tortues inspectent les fermes de saumons

SUBMERSIBLE Approcher les saumons pour les examiner avec un robot inspiré d'une tortue suscite moins de stress chez les animaux qu'avec des plongeurs humains ou des engins submersibles classiques. Une équipe norvégienne et lituanienne vient en effet de montrer que ces appareils de taille réduite avançant lentement peuvent facilement filmer équipements et poissons sans effrayer ces derniers. Leur discrétion l'emporte sur la ressemblance avec une tortue. **A. D.**

SOURCE : MARJA KRUSSMAA, UNIVERSITÉ NORVÉGIENNE DE SCIENCES ET DE TECHNOLOGIE, TRONDHEIM.

Vérifiez les applications qu'ils téléchargent

avec un peu d'aide de Google

Téléchargez notre application **Family Link.**

DISPONIBLE SUR Google Play

Télécharger dans l'App Store

Nécessite une connexion Internet, un compte Google et un appareil compatible.
Les fonctions "donnez votre avis" et "approuvez" uniquement disponibles sur Google Play.
Visuels simplifiés.

ARMOR

Une bâche solaire recharge les voitures

AUTOMOBILE Associée au constructeur Gazelle Tech, qui fabrique des voitures électriques de 650 kg seulement, la société nantaise Armor, spécialisée dans les films solaires organiques souples, a eu l'idée de créer une bâche photovoltaïque rangée dans le pare-chocs arrière du véhicule. En stationnement, elle se déplie pour protéger le véhicule tout en rechargeant ses batteries sans se brancher au réseau. De quoi parcourir « gratuitement » 8000 kilomètres par an. **L. C.**

600 mégapixels

L'objectif de Samsung pour un capteur photo

PHOTOGRAPHIE Alors que son porte-drapeau actuel, le Galaxy S20 Ultra, affiche un capteur de 108 mégapixels, le constructeur coréen voit plus loin, et même au-delà de la résolution de l'œil humain ! Le futur capteur serait sensible aux infrarouges (pour proposer par exemple du diagnostic dans le monde agricole) et aux ultraviolets (pour notamment identifier des cellules cancéreuses). **M. N.**

Bientôt, les visioconférences seront plus fluides

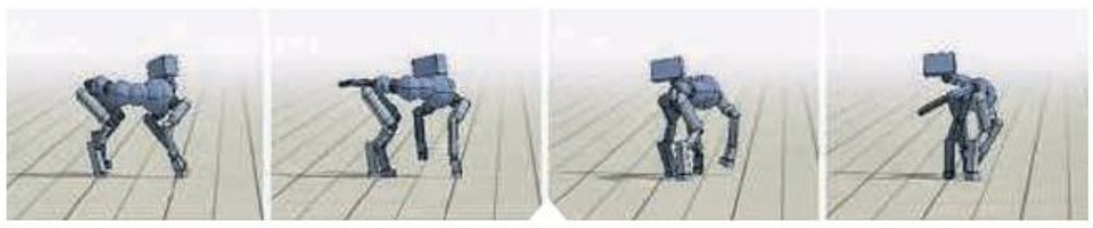
NUMÉRIQUE Sur Internet, la voix s'accommode mal de la transmission de données en « paquets » : des mots sont parfois perdus, incomplets ou inintelligibles. D'où WaveNetEQ, un réseau de neurones que Google associe à son application Duo. Il remplit artificiellement les manques, en produisant des sons d'après la façon de parler du locuteur. Il a été entraîné à partir de 100 voix humaines parlant 48 langues. Reste qu'il ne sait encore que générer des syllabes et non des mots entiers. **A. D.**

Un algorithme apprend la marche du chien

Le robot chinois Laikago s'est initié aux déplacements du chien grâce à un apprentissage par renforcement.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE Laikago est un robot quadrupède qui a appris à marcher sans que quiconque ait eu à coder ses mouvements au préalable. Conçu en Chine par Unitree Robotics à des fins de recherche, il a été développé par DeepMind, la division d'intelligence artificielle de Google. Avec 18 directions de mouvement possibles dans l'espace (3 par patte et 6 pour le torse), Laikago s'est initié aux déplacements du chien grâce à un apprentissage par renforcement, qui s'apparente à une approche par essais-erreurs. À partir de la capture de mouvements d'un vrai chien, les chercheurs ont créé une simulation numérique qui a servi à animer un modèle numérique du robot : marche au pas, trot, saut, déplacement latéral... Après quoi, les mouvements du robot virtuel ont été appliqués au robot réel qui procède par imitation. Le robot est stoppé à chaque erreur mais ne reçoit aucune information sur la nature de celle-ci, pas plus que sur celle de ses succès, déterminés par l'angle et la vitesse de rotation des articulations de la machine, comparés au modèle numérique. Et c'est ainsi qu'il progresse. **A. D.**

Simulation numérique d'un chien se déplaçant au trot.



UCBERKELEY

Le même animal virtuel effectuant un mouvement de rotation.

Un robot accueille un visiteur lors du salon professionnel CIFTIS, à Pékin, en Chine, en 2019

AFP

Les ruses des robots publicitaires dans les supermarchés

ROBOTIQUE Si en Asie des robots montrent d'ores et déjà des vidéos publicitaires aux clients de supermarchés, l'efficacité de cette démarche demeure un sujet de recherche. Des scientifiques nippons viennent d'établir que, pour entrer en contact avec un client, il est plus efficace pour un robot de faire mine d'avoir un problème plutôt que de simplement saluer les clients ou tenter de les distraire pour attirer leur attention. Il serait en effet alors perçu comme un enfant perdu que l'on a envie d'aider. **O. H.**

SOURCE : YUKI OKAFUJI, UNIVERSITÉ DE RITSUMEIKAN, SHIGA, JAPON.

Google Ireland Limited - Gordon House, Barrow Street, Dublin 4 - Registration number : 368047

avec un peu d’aide de Google

Téléchargez notre application **Family Link.**

DISPONIBLE SUR Google Play

Télécharger dans l’App Store

Nécessite une connexion Internet, un compte Google et un appareil compatible.
Les fonctions “donnez votre avis” et “approuvez” uniquement disponibles sur Google Play.
Visuels simplifiés.

La fabuleuse conquête du milieu interstellaire

Deux nouvelles missions devraient partir aux confins du système solaire pour tenter de percer le mystère du gaz qui donne naissance aux étoiles. Obligation, aller six à sept fois plus vite que les sondes Voyager, les premières à avoir abordé ces confins.

Par Franck Daninos @fdaninos

FIN DU XXIe SIÈCLE, quelque part dans l'espace intersidéral. Un petit vaisseau file dans le froid extrême et l'obscurité quasi totale à des centaines de milliards de kilomètres de la Terre. Il a quitté la planète bleue voilà déjà plusieurs dizaines d'années et sa vitesse est faramineuse : plus de 350 000 km/h ! Jamais un engin de fabrication humaine ne s'est aventuré aussi vite et aussi loin dans l'espace, bien au-delà de la zone d'influence du Soleil. Sa mission : explorer et analyser le « milieu interstellaire », ce territoire totalement inconnu qui entoure notre système solaire et donne naissance aux étoiles... Longtemps considérées comme de la pure science-fiction, des missions de ce type sont aujourd'hui très sérieusement envisagées par les agences spatiales américaine et chinoise. Aux États-Unis, quelque 200 scientifiques internationaux coopèrent depuis près de deux ans aux études de faisabilité de la Nasa, et le projet, baptisé provisoirement Interstellar Probe, avait — avant la pandémie de Covid 19 — de bonnes chances d'être adopté en 2021. Quant à la mission chinoise, dénommée Interstellar Heliospheric Probes, elle pourrait quitter la Terre dès 2024 si, là encore, le calendrier est tenu. « *Le milieu interstellaire représente l'ultime frontière, le plus lointain territoire que nous pourrons explorer dans un avenir raisonnable* », relève Michel Blanc, de l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie de Toulouse.

Pour comprendre, il faut rappeler que la Terre et tous les autres corps du système solaire baignent dans une gigantesque bulle de gaz magnétisé, l'héliosphère. Elle est produite par notre étoile qui, à chaque seconde, souffle un million de tonnes de particules depuis les plus hautes couches de sa bouillonnante atmosphère. Il s'agit principalement de noyaux d'hélium et d'hydrogène mais aussi d'ions lourds et d'électrons qui fusent à des vitesses supersoniques dans toutes les directions de l'espace. Ces particules se diluent ainsi dans un volume de plus en plus vaste... jusqu'à rencontrer un gaz d'une autre nature, lui aussi magnétisé, auquel elles ne se mélangent pas : le milieu interstellaire. « *Ce gaz est au cœur du cycle de la matière*, explique Michel Blanc. *Il est produit par les explosions d'étoiles en fin de vie qui ont disséminé leurs constituants. C'est lui qui fournit les éléments nécessaires à la formation de nouvelles étoiles et planètes dans la Galaxie.* »

Des données précieuses mais parcellaires

Seuls deux engins sont parvenus à s'aventurer aux abords de ce territoire galactique : les sondes Voyager 1 et Voyager 2 lancées en 1977 par la Nasa. Après avoir accompli leur mission et collecté des données inestimables sur les planètes les plus éloignées — Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune —, elles ont été reprogrammées à la fin des années 1980 pour filer tout droit vers les confins de notre système solaire. Un peu plus rapide que sa jumelle (60 000 contre 55 000 km/h), Voyager 1 a été la première, en 2012, à percer le cocon de l'héliosphère, suivie en 2018 par Voyager 2. « *Nous avons pu voir, très clairement, que les deux sondes étaient bien passées d'un milieu*

MICHEL BLANC

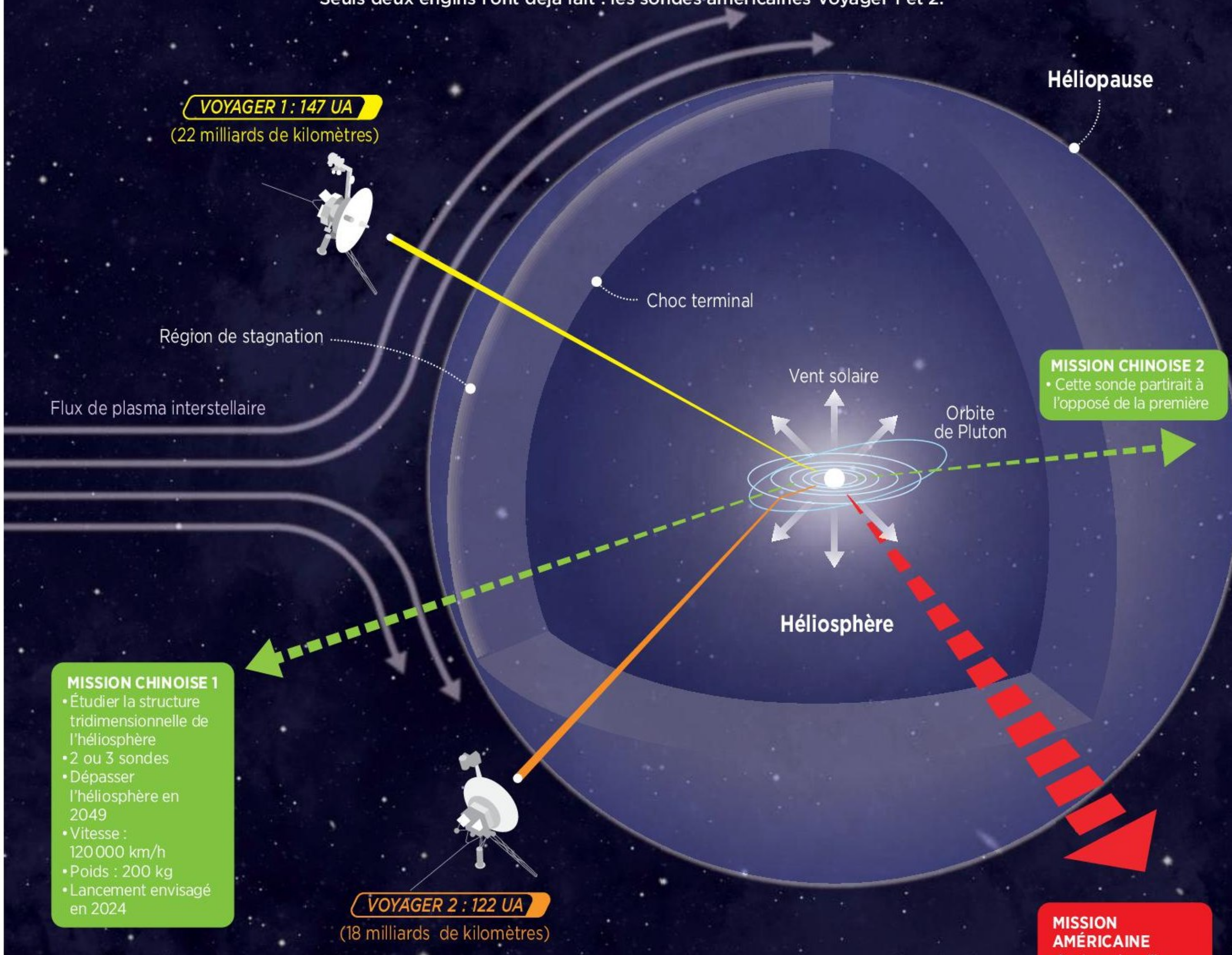
« Cette zone représente l'ultime frontière, le plus lointain territoire que nous pouvons explorer »

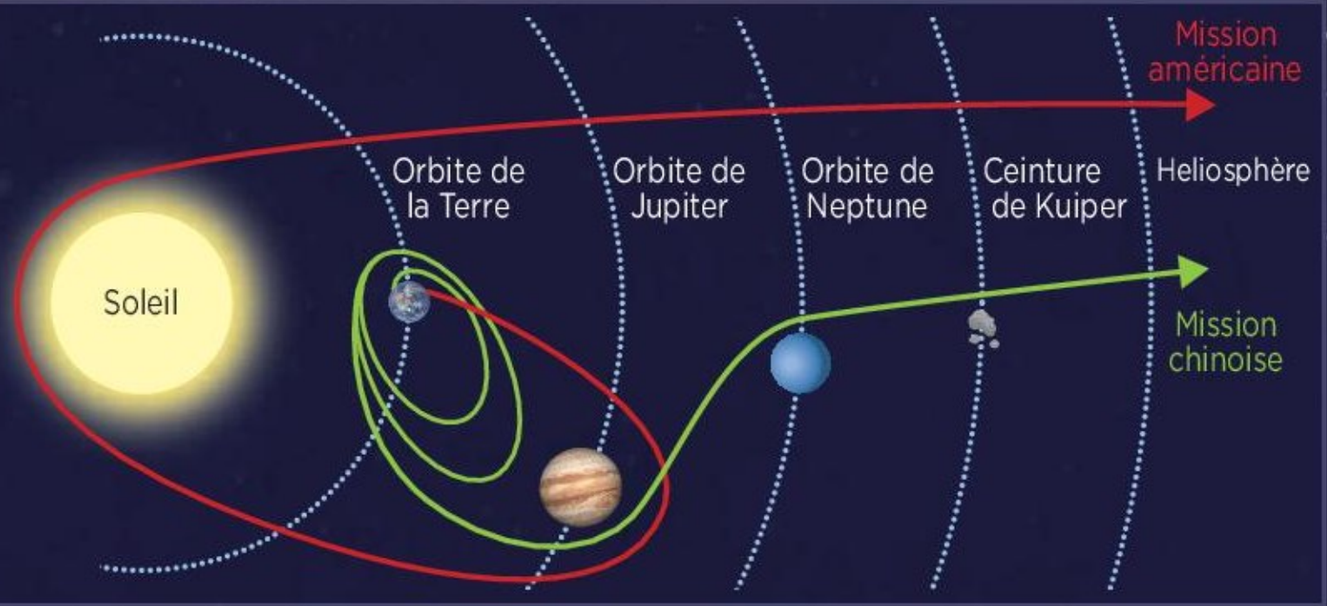
Michel Blanc, astronome à l'Institut de recherche en astrophysique et planétologie (Irap)/observatoire Midi-Pyrénées

BRUNO BOURGEOIS

Américains et Chinois toujours plus loin dans l'Univers

Pour atteindre le milieu interstellaire, il faut traverser la bulle de gaz magnétisé qui baigne le système solaire (l'héliosphère) puis une zone frontalière (l'héliopause), à 18 milliards de kilomètres de notre étoile. Seuls deux engins l'ont déjà fait : les sondes américaines Voyager 1 et 2.

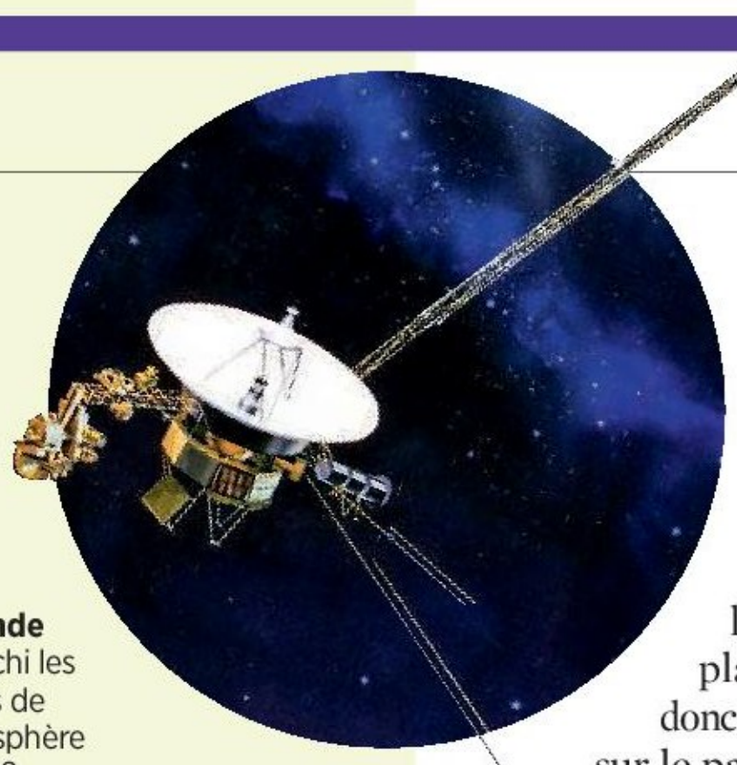




« Interstellar Probe » de la Nasa (en rouge) puiserait l'énergie gravitationnelle de Jupiter et du Soleil pour catapulter une sonde à la vitesse inouïe de 350 000 km/h.
Les sondes chinoises « Interstellar Heliospheric Probes » (en vert) utiliseraient la seule gravitation de Jupiter pour filer à 120 000 km/h vers le milieu interstellaire en passant par Neptune.

EXPLORATION

Voyager 2, exceptionnel messager


JPL/NASA

La sonde a franchi les limites de l'héliosphère en 2018.

« *Nos modèles se sont complètement trompés !* » À l'instar de l'astronome Michel Blanc, les scientifiques ont été fortement surpris par les mesures que la sonde Voyager 2 a effectuées en quittant l'héliosphère, la zone d'influence matérielle du Soleil. Contenant notamment 0,04 noyau d'hydrogène et électron par centimètre cube, l'espace interstellaire est jusqu'à 50 fois plus dense que le milieu solaire. Le champ magnétique se révèle lui aussi particulièrement intense, exerçant une pression dix fois plus forte qu'escompté sur ce milieu. *Idem* pour la température. Dépassant les 30 000 °C, elle est beaucoup plus chaude que ce que les simulations prévoyaient, même si cette température ne peut être communiquée aux objets alentour — comme la sonde — en raison d'une densité de particules qui reste malgré tout extrêmement faible. « *Les théoriciens s'efforcent actuellement d'interpréter ces valeurs*, indique l'astrophysicien Éric Quémerais, du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos) à l'observatoire de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. *Et à les raccorder notamment à des mécanismes de compression et de chauffage qui n'auraient pas été pris en compte.* » Une autre observation importante de Voyager 2 concerne la nature « poreuse » de la zone frontalière. Elle contient en effet des épanchements de particules solaires qui se fraient des chemins comme les racines d'un arbre dans le sol, ces « filaments » pouvant s'étendre sur plus de 160 millions de kilomètres. « *Encore très proche de l'héliosphère*, relève le chercheur, *cette région se révèle beaucoup plus complexe et turbulente qu'attendu.* »

▶ *à un autre*, rappelle Éric Quémerais, du Laboratoire atmosphères, milieux, observations spatiales (Latmos) à l'observatoire de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. *Les particules solaires ont subitement diminué pour laisser place à une autre mixture.* » Présentées fin 2019 aux scientifiques du monde entier, les données de Voyager 2 se sont révélées très précieuses *(lire l'encadré ci-dessus)*. Elles ont notamment permis de confirmer que la limite de l'héliosphère se situait à quelque 18 milliards de kilomètres du Soleil, soit 120 unités astronomiques (UA, 1 UA correspondant à la distance entre notre étoile et la Terre, soit 150 millions de kilomètres).

Les connaissances des chercheurs sur l'espace galactique demeurent toutefois très parcellaires. « *Rappelons que les instruments des sondes Voyager datent des années 1970 et n'ont en outre pas été conçus pour analyser le milieu interstellaire* », souligne Robert Wimmer-Schweingruber, astrophysicien à l'université de Kiel (Allemagne). De nombreux scientifiques estiment par ailleurs que ni Voyager 1 ni Voyager 2 n'ont véritablement rallié l'espace interstellaire, la démarcation avec l'héliosphère se révélant plus diffuse, poreuse et étendue que prévu. « *Situées respectivement à 147 et 122 UA de la Terre, elles navigueraient encore dans une zone de transition* », avance Éric Quémerais. Il faudrait ainsi que les engins s'enfoncent plus profondément dans l'espace galactique pour en prendre véritablement la mesure... Problème : ils n'ont plus que trois à cinq ans à « vivre » ! Trop peu pour espérer progresser suffisamment. « *Leurs générateurs nucléaires n'ont quasiment plus de combustible* », détaille Robert Wimmer-Schweingruber. Pour leur succéder, le plan de la Nasa est donc simple... du moins sur le papier : franchir à toute vitesse la limite de l'héliosphère pour atteindre et étudier le plus longtemps possible le milieu interstellaire profond. Le projet consiste à parcourir ainsi 1000 UA en 50 ans... en déboulant six à sept fois plus vite que les Voyager ! Par quel moyen ? Interstellar Probe serait tout d'abord propulsée par le nouveau lanceur américain Space Launch System (SLS) qui, dès 2021, devrait produire une poussée deux fois plus importante que les meilleures fusées actuelles.

Catapultée par l'énergie gravitationnelle de Jupiter

Mais c'est surtout grâce à la technique d'« assistance gravitationnelle » que la sonde battrait tous les records. « *En passant à une certaine vitesse près d'objets célestes très massifs, un vaisseau peut utiliser leur force d'attraction pour modifier sa trajectoire et accélérer très fortement* », explique Michel Blanc. Interstellar Probe « puiserait » ainsi l'énergie gravitationnelle de Jupiter puis du Soleil pour être catapultée à la vitesse de 20 UA/an vers le milieu interstellaire *(voir l'infographie p. 35)*. Il faudra toutefois, pour cela, qu'elle « frôle » notre étoile... à quelques millions de kilomètres seulement. « *Un projet casse-cou mais techniquement réalisable à un terme pas trop lointain* », estime Michel Blanc, le plus grand défi résidant dans le bouclier thermique pour résister aux rayonnements de notre étoile, qui serait constitué sans doute de plusieurs centaines de kilos de composites de carbone. « *La mission serait dans tous les cas très coûteuse : entre 2 et 3 milliards*

T.A. RECTOR (UNIVERSITY OF ALASKA ANCHORAGE) AND H. SCHWEIKER (WIYN AND NOAO/AURA/NSF)

Au contact du milieu interstellaire, les particules soufflées par l'étoile V664 de Cassiopée, à 2000 années-lumière de la Terre, forment un arc bleuté.

de dollars, avance le chercheur. *Et serait lancée avant 2030 si les financements affluent comme prévu.* »
L'agence spatiale chinoise affiche pour sa part un slogan beaucoup plus... politique : franchir l'héliosphère en 2049 pour le 100e anniversaire de la République populaire de Chine ! Contrairement au projet américain, il ne s'agirait pas de rejoindre le milieu interstellaire aussi vite que possible. La vitesse de croisière n'atteindrait « que » 7 UA/an, en utilisant l'assistante gravitationnelle de Jupiter et grâce à des générateurs à radio-isotopes encore en développement *(lire l'encadré ci-dessous)*. Le programme chinois n'en demeure pas moins très alléchant. Il permettrait tout d'abord d'analyser très finement et avec des technologies de pointe la région qui sépare l'héliosphère du milieu interstellaire. Mais l'originalité du projet consiste surtout à étudier la structure tridimensionnelle de l'héliosphère... en lançant plusieurs vaisseaux dans différentes directions ! « *L'héliosphère, qui se déplace dans la galaxie en même temps que le Soleil à la vitesse de 90 000 km/h, n'a probablement pas une forme sphérique*, explique Robert Wimmer-Schweingruber. *On suppose qu'elle est aplatie à l'avant et s'étire vers l'arrière mais on ne sait pas comment elle se termine.* » Peut-être comme la chevelure d'une comète ou comme un ballon dégonflé voire en prenant la forme d'un « croissant »... mystère ! Alors que les Voyager ont doublé l'héliosphère par l'avant, le projet chinois entend la franchir non seulement dans cette direction mais aussi par l'arrière et vers le haut. Quant au projet américain, il pourrait la traverser sur le côté, selon un angle perpendiculaire au front de l'héliosphère. Il faudra certes s'armer de patience, mais ces missions pourraient produire ainsi la première « photographie » — depuis l'extérieur et en trois dimensions — de la bulle protectrice dans laquelle nous vivons. ■

GÉNÉRATEURS

De l'énergie sans le Soleil grâce aux radio-isotopes

Pour rallier le milieu interstellaire, qui se situe à 18 milliards de kilomètres du Soleil, l'énergie solaire est inopérante. Il faut recourir à des « générateurs thermoélectriques à radio-isotopes » qui produisent une source d'énergie stable durant des décennies et sans aucune maintenance directe. Ces générateurs, déjà utilisés par les sondes Voyager, transforment en électricité la chaleur libérée par la désintégration d'éléments radioactifs, le plutonium-238 notamment. Seuls les États-Unis maîtrisent pour le moment cette technologie. Et la Chine ne pourra envoyer aucun engin vers l'espace interstellaire sans ce préalable. *« Elle a fait toutefois d'immenses progrès ces dernières années,* assure Robert Wimmer-Schweingruber, astrophysicien à l'université de Kiel (Allemagne). *Elle devrait la maîtriser d'ici à deux ou trois ans. »*

JYOTIRMOY MANDAL

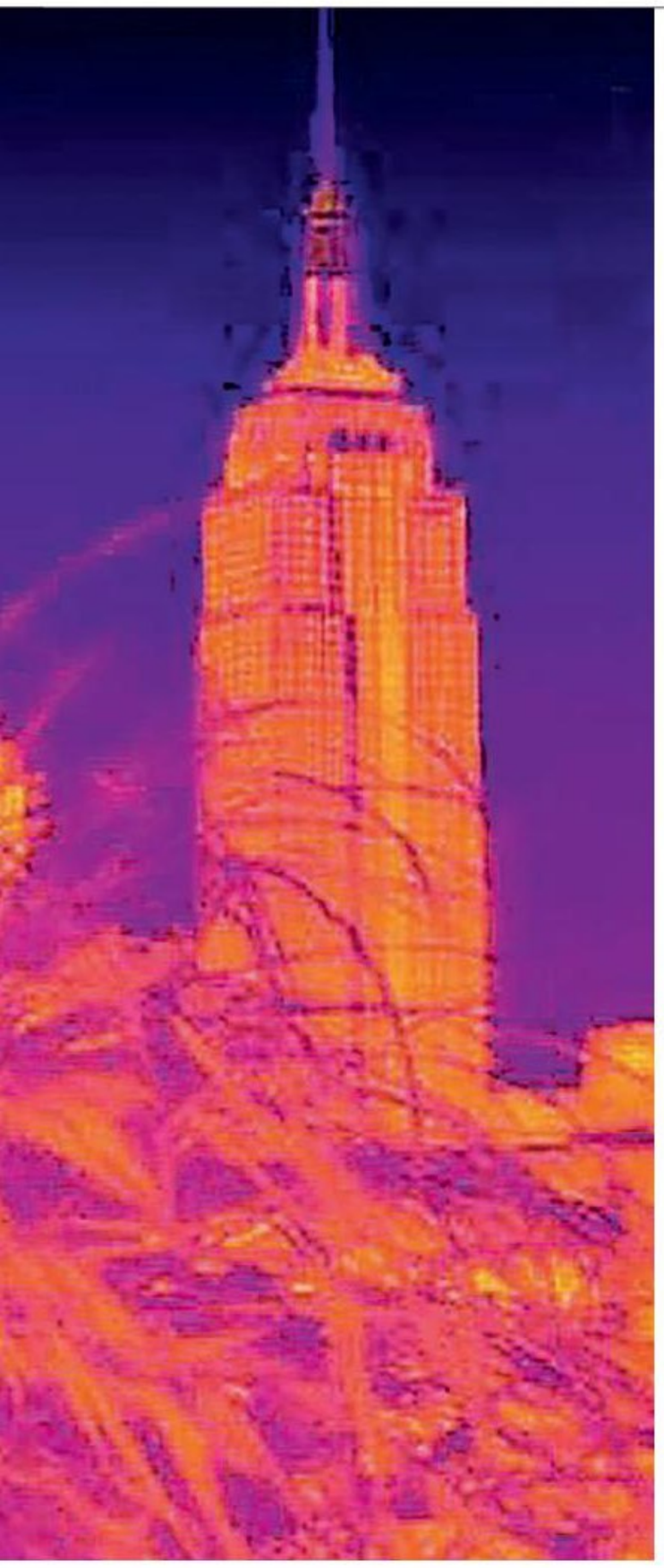
CRÉDIT

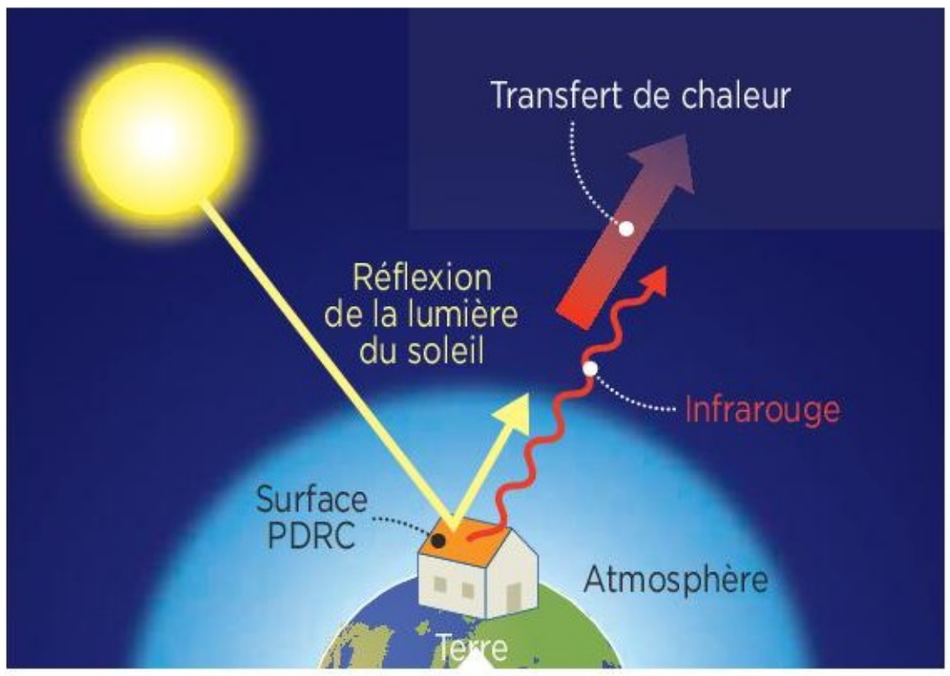
Image thermique d'un panneau revêtu d'un matériau dit refroidisseur radiatif passif (PDRC) (à gauche) installé à l'université Columbia de New York (États-Unis). La couleur bleue indique que le panneau reste froid, quand les bâtiments et plantes alentour (du jaune au rouge) émettent de la chaleur.

Les nouvelles surfaces autoréfrigérantes

Les « refroidisseurs radiatifs passifs » gardent une température toujours inférieure à l'air ambiant par transfert de chaleur vers l'espace. Les applications possibles sont prometteuses.

L'IMMEUBLE DU DÉPARTEMENT de génie électrique de l'université de Stanford, sur la côte ouest des États-Unis, ressemble à tous les autres du campus. Pourtant, sa toiture est recouverte de panneaux très particuliers. Quelle que soit la température extérieure, leur surface demeure toujours plus froide que l'air environnant, de manière autonome et sans consommer la moindre énergie ! Ces panneaux sont par ailleurs raccordés à un réseau de tuyaux où circule un fluide. En se refroidissant peu à peu, celui-ci alimente le système de climatisation de l'immeuble, à moindre coût et de façon écologique. De quoi réduire les factures d'électricité jusqu'à 45 % en été ! Une performance énergétique que l'on doit à un nouveau type de matériaux, dits refroidisseurs radiatifs passifs (ou PDRC), inventés par Shanhui Fan et Aaswath Raman, physiciens de cette même université de Stanford. Des « super-refroidissants » qui pourraient bientôt





BRUNO BOURGEOIS

La surface PDRC réfléchit le rayonnement solaire dont le spectre de longueur d'onde va de 5 à 80 µm. Celui-ci est absorbé par l'atmosphère sauf pour le moyen infrarouge (8-13 µm) qui atteint directement l'espace, milieu très froid.

révolutionner le secteur du bâtiment et de la réfrigération.
L'enjeu est de taille. Selon l'Institut international du froid, basé à Paris, les systèmes de réfrigération et d'air conditionné consomment en effet 17 % de la production électrique mondiale et seraient responsables de 8 % des émissions de gaz à effet de serre. « *D'où le vif intérêt que suscitent ces nouveaux matériaux* », souligne Jérémie Drévillon, enseignant-chercheur à l'Institut Pprime de Poitiers, coordinateur du premier projet de démonstrateur qui vient tout juste d'être installé en France. « *Encore au stade expérimental, cette technologie émerge comme une solution très prometteuse pour climatiser les villes* », confirme David Sailor, qui dirige le Centre de recherche sur le climat urbain à l'université d'État de l'Arizona (États-Unis).

Parvenir à exploiter le phénomène à toute heure

Ces matériaux mettent à profit un phénomène naturel bien connu des physiciens. En effet, à température ambiante, n'importe quel être vivant ou objet inerte (humain, chaise, table, immeuble...) dégage de la chaleur sous forme de rayonnements thermiques. Ces émissions s'étendent sur un large spectre de longueurs d'onde (entre 5 et 80 micromètres). Elles sont cependant absorbées par les molécules gazeuses de l'atmosphère (diazote, dioxygène, etc.) qui récupèrent donc cette énergie. Sauf pour une gamme très restreinte de longueurs d'onde, dans l'infrarouge moyen. « *C'est ce qu'on appelle la fenêtre de transparence de l'atmosphère*, explique Jérémie Drévillon. *Les rayonnements compris entre 8 et 13 micromètres traversent en effet toutes les couches atmosphériques jusqu'à se retrouver directement dans l'espace.* » Ce transfert d'énergie avec un milieu extrêmement froid abaisse ainsi naturellement la température des objets. Problème : il se produit par temps clair et en l'absence de nuages, qui absorbent les émissions infrarouges. Et uniquement la nuit ! De jour, en raison du soleil, les objets reçoivent en effet beaucoup plus de rayonnements qu'ils ne peuvent en transmettre dans l'espace : le bilan thermique devient alors largement positif et le refroidissement radiatif inopérant. Raison pour laquelle ce processus n'avait donné lieu jusqu'alors qu'à des applications restreintes et toujours nocturnes, pour refroidir et optimiser par exemple des « pièges à brouillard » dans les régions arides, chargés de collecter la rosée au petit matin.

LES SECTEURS CIBLES

Bâtiment
▸ Ces matériaux autorefroidissants pourraient suppléer voire remplacer les systèmes de climatisation des immeubles.

Transports
▸ En recouvrant le toit de camions ou de bus, ils abaisseraient en plein soleil la température dans l'habitacle.

Produits alimentaires
▸ Utilisés comme emballage et sous forme de films, ils conserveraient au frais de nombreuses denrées.

Appareils électriques
▸ Pour les systèmes utilisés en extérieur, tels les panneaux photovoltaïques, ils éviteraient les risques de surchauffe et autres pertes de rendement.

Or, au milieu des années 2010, Shanhui Fan et Aaswath Raman sont parvenus à exploiter ce phénomène à toute heure de la journée. Pour ce faire, ils ont « manipulé » la lumière à des longueurs d'onde spécifiques en jouant essentiellement sur deux aspects. Ils ont tout d'abord fabriqué un matériau réfléchissant 97 % du rayonnement solaire. Composé d'une alternance de couches métalliques de quelques dizaines de nanomètres (argent, silicium, hafnium...), il produit des interférences lumineuses qui empêchent quasi toute absorption. Puis un second empilement de couches minces a été utilisé pour amplifier cette fois les émissions infrarouges. Posé au-dessus de la plaque ultraréfléchissante, il piège et réémet près de 100 % des rayonnements dans la fenêtre de transparence de l'atmosphère. « *Le bilan thermique devient ainsi négatif*, précise Jérémie Drévillon. *Et la surface de ces structures métalliques reste toujours plus froide que l'air environnant.* » Financées notamment par l'Agence américaine pour les recherches avancées sur l'énergie (Arpa-E), d'autres équipes se sont lancées aussitôt dans la course. L'objectif : fabriquer des refroi- ▸

disseurs radiatifs qui soient à la fois bon marché, performants et utilisables sur une variété de surface. « *Outre la climatisation des immeubles, les applications pourraient en effet s'étendre au transport routier réfrigéré, aux abris pour piétons ou encore à la protection d'appareils électriques exposés à des risques de surchauffe* », signale David Sailor. Depuis 2016, des chercheurs de l'université du Colorado, à Boulder (États-Unis), développent ainsi un procédé peu coûteux et modulable pour dissiper efficacement la lumière du soleil tout en émettant très fortement dans l'infrarouge. Ils utilisent pour cela des microbilles de verre d'une taille judicieusement calculée qu'ils incorporent dans un film très fin *(lire l'encadré ci-dessous)*. En 2018, une équipe de l'université Columbia (New York) s'inspire alors de ces travaux pour mettre au point le premier spray autorefroidissant ! De minuscules gouttelettes d'air et de polymères fluorés peuvent être pulvérisées en quelques minutes sur la plupart des revêtements. Autre résultat remarquable obtenu en 2019 par des chimistes de l'université du Maryland (États-Unis) et de l'université de science et de technologie Huazhong, à Wuhan (Chine). En retirant la lignine du bois, qui absorbe fortement la lumière solaire, puis en comprimant les fibres de cellulose restantes, ils ont obtenu une structure ultraréfléchissante qui amplifie les émissions infrarouges dans l'intervalle crucial des 8 et 13 micromètres. Selon leurs calculs, ce matériau d'origine organique et de couleur blanche, beaucoup plus résistant que le bois, pourrait réduire de 20 à 35 % la consommation d'énergie pour climatiser les immeubles.

GLENN ASAKAWA/UNIVERSITY OF COLORADO

Ronggui Yang (à gauche) et Xiaobo Yin, professeurs d'ingénierie à l'université du Colorado à Boulder (États-Unis), déroulent le film réfrigérant qu'ils ont inventé.

Des résultats variables selon les climats

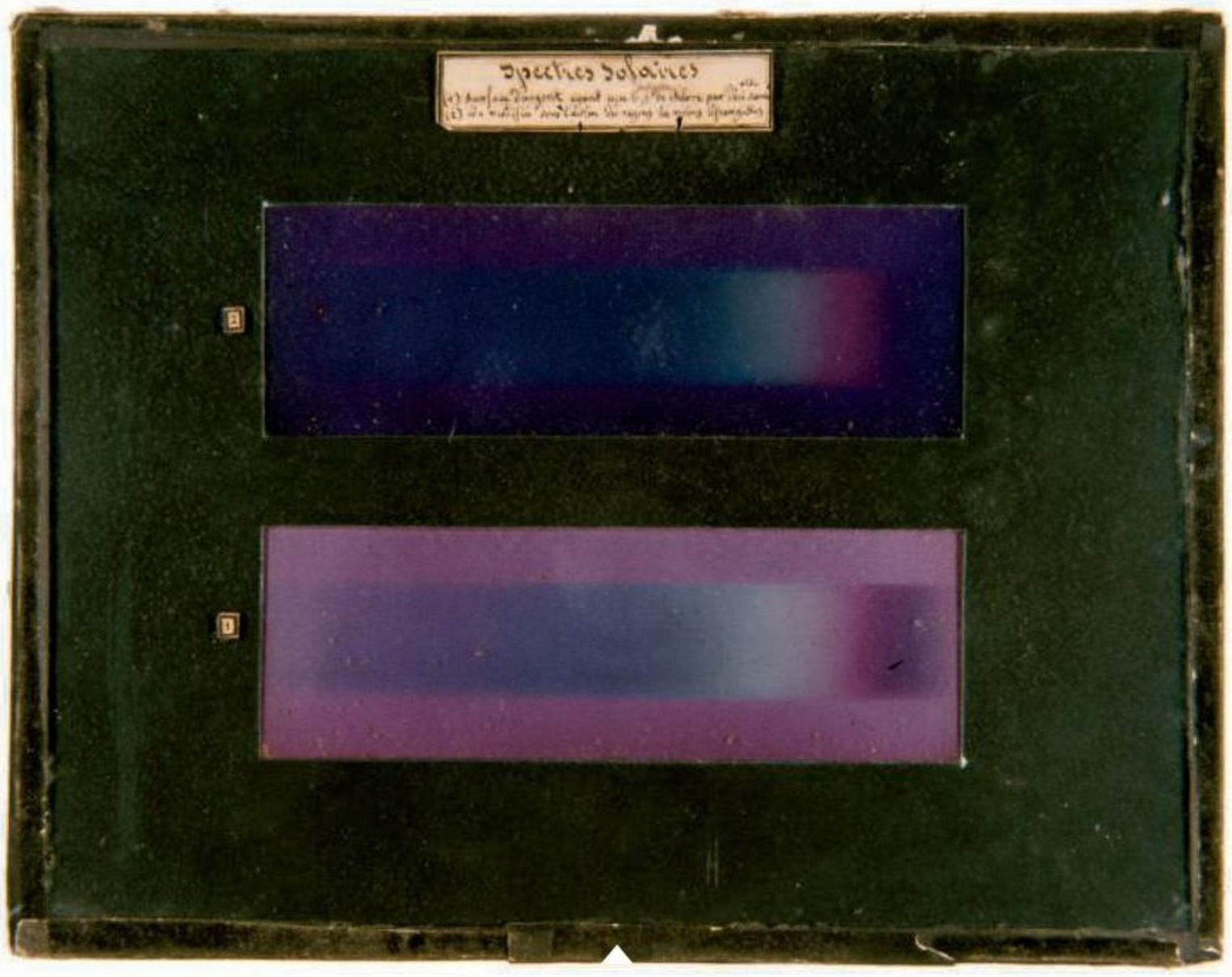
Toutes ces équipes ont créé des start-up et breveté leurs découvertes. Avant une production à grande échelle, plusieurs incertitudes restent toutefois à lever. « *On sait encore peu de choses sur la durabilité de ces matériaux et le maintien de leurs performances radiatives* », explique David Sailor. « *Les résultats semblent dépendre fortement, par ailleurs, de la géographie et des conditions climatiques* », ajoute pour sa part Jérémie Drévillon, les régions peu humides et à faible couverture nuageuse apparaissant d'ores et déjà comme les plus favorisées. Et c'est précisément pour évaluer ces paramètres météorologiques et temporels que le démonstrateur vient tout juste d'être installé à l'Institut Pprime de Poitiers. Il est composé d'un empilement de couches de nanofibres de verre dont les dimensions ont été optimisées par des simulations numériques. « *Nous attendons le début de l'été pour recueillir un maximum de données*, indique Jérémie Drévillon, qui se veut très confiant : *vu l'intense activité de recherche et les nombreuses applications envisagées, les premiers produits devraient arriver d'ici à quelques années sur le marché.* » ■ **Franck Daninos**

@fdaninos

POLYMÈRE

Un film qui refroidit les objets

Transparent et à peine plus épais qu'une feuille d'aluminium, il ressemble à un rouleau de film alimentaire comme on en trouve dans toutes les cuisines. Ce matériau reste néanmoins toujours plus froid que la température ambiante : de 10 °C environ en journée et jusqu'à 16 °C au cours de la nuit, assurent le physicien Ronggui Yang et son équipe de l'université du Colorado à Boulder (États-Unis) qui le perfectionnent depuis bientôt quatre ans. Il est composé d'un polymère flexible (polyméthylpentène) et d'une couche d'argent extrêmement fine réfléchissant la lumière solaire. Mais surtout de minuscules billes de verre de quelques nanomètres de diamètre qui émettent en permanence des rayonnements infrarouges et libèrent ainsi de la chaleur. Une petite chaîne de production a même été installée à Boulder : elle fabrique 5 mètres de film par minute grâce à la technique dite de rouleau à rouleau. Selon ses concepteurs, qui ont créé une start-up (RadiCool), ces films pourront servir à refroidir des produits alimentaires, des toitures vitrées ou encore des tentes de camping.



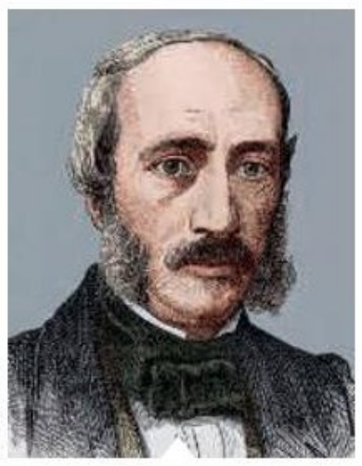
MUSÉE NICÉPHORE NIÉPCE

« Spectres solaires », images photochromatiques réalisées par Edmond Becquerel, en 1848.

La première photographie couleur livre ses secrets

Des chercheurs français expliquent cette curieuse découverte du physicien Edmond Becquerel, en 1848, par la présence de nanoparticules d'argent.

Découvreur de l'effet photovoltaïque en 1839, le physicien français Edmond Becquerel (1820-1891) — à ne pas confondre avec son fils Henri, découvreur de la radioactivité — est également l'auteur de la première photographie couleur de l'histoire. Ce que l'on nommait alors une « image photochromatique ». Il réalisa cette prouesse en 1848 alors qu'il travaillait sur la composition de la lumière dans le laboratoire... de son père Antoine, également physicien au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Il parvint, pour la première fois, à enregistrer des couleurs sur une plaque d'argent. Un exploit inexpliqué... Jusqu'à ce jour, personne n'avait en effet réussi à comprendre le procédé qui lui avait permis de capter les nuances de la lumière visible. Mais après des décennies de débats, une équipe française pense avoir enfin trouvé une explication. *« Les couleurs de l'image seraient dues à la présence de nanoparticules d'argent, selon la thèse de Victor de Seauve, premier auteur de l'article paru dans la revue* Angewandte Chemie, explique Marie-Angélique Languille, ingénieure de recherche CNRS au Centre de recherche sur la conservation du Muséum, à Paris. *Celles-ci ont des propriétés d'absorption particulières liées à une oscillation collective d'électrons, un phénomène connu des physiciens sous le nom de "résonance de plasmon de surface localisée". »*



AKG IMAGE

Edmond Becquerel a mené des recherches sur l'électricité, le magnétisme, la phosphorescence et la luminescence.

Des changements des propriétés d'absorption

Les chercheurs ont reproduit le procédé de la plaque d'argent de Becquerel en partant de ses propres publications. Ils ont également réalisé une batterie d'examens pour caractériser pour la première fois la composition chimique et la structure de la couche sensible à la lumière sur cette plaque. La couche se compose d'une matrice de grains de chlorure d'argent dans laquelle se trouvent enchâssées des nanoparticules d'argent. Ce sont ces dernières qui seraient responsables de la couleur des images. Comment? Des « cortèges » de nanoparticules, caractérisés par leur forme, taille et localisation dans la matrice de chlorure d'argent, seraient modifiés par chaque exposition à une lumière colorée. *« Cela entraînerait un changement de leurs propriétés d'absorption*, détaille Marie-Angélique Languille. *Après exposition à la lumière, un type de nanoparticules disparaît. Ainsi, celles qui, dans la couche sensible, absorbent dans le bleu, disparaissent au cours de l'exposition à la lumière bleue. Apparaît alors un "trou d'absorption" à cette énergie... et c'est pourquoi nous voyons l'échantillon bleu.* » Il aura donc fallu attendre plus de cent cinquante ans pour que l'exploit d'Edmond Becquerel trouve une solide explication physique ! ■

Olivier Hertel @OlivierHertel

Au Machu Picchu, une architecture antisismique

Les grandes citadelles incas ont été conçues pour affronter les séismes. C'est ce que révèle une équipe franco-péruvienne d'archéosismologues, en étudiant des sites monumentaux au Pérou, en particulier le Machu Picchu.

Par Bernadette Arnaud @NarudaaArnaud

GUSTAVO BASSO/NURPHOTO/AFP

AVEC SES TERRASSES IMPOSANTES et ses structures résidentielles reliées par d'innombrables marches, l'impressionnante cité cérémonielle du Machu Picchu, au Pérou, coiffe le sommet d'un promontoire à 2430 mètres d'altitude. Dominées par le pic vertigineux du Huayna Picchu, ses falaises semblent plonger dans le flot tumultueux de la rivière Urubamba, en contrebas. Joyau de l'architecture préhispanique des Andes centrales, classé au Patrimoine mondial de l'Unesco depuis 1983, le Machu Picchu est l'un des sites les plus emblématiques de la culture inca. Un monde minéral que ses occupants du XVe siècle percevaient comme vivant. Cette mémoire de pierre, un groupe de scientifiques tente de la faire parler. Ils soupçonnent en effet cette architecture complexe de recéler un secret bien gardé. Ce serait l'instabilité sismique de la région qui aurait contraint les Incas à innover pour rendre leurs constructions plus résistantes. Cette thèse nouvelle émane d'une équipe franco-péruvienne dirigée par Laurence Audin, directrice de recherche IRD à l'Institut des sciences de la Terre (ISTerre), à l'université Grenoble Alpes, et Carlos Benavente, de l'Institut de géologie péruvien (Ingemmet). Et les premiers résultats recueillis sur le terrain sont surprenants.

BRUNO BOURGEOIS

Des modifications dans les pratiques de construction

En moins d'un siècle d'existence, entre le début du règne de Pachacutec, en 1438, et l'arrivée du conquistador espagnol Francisco Pizarro, en 1532, le Tahuantinsuyu (l'empire inca des « quatre-quarts ») a imprimé sa marque architecturale sur les Andes, avec des constructions monumentales. La société était organisée en trois niveaux spatio-temporels : le monde « d'en bas », sous la surface de la Terre, « intermédiaire », celui des humains, et le monde « d'en haut », celui du Soleil et la Lune. De fait, elle privilégiait les sommets montagneux, les paysages insolites ou les rivières comme lieux sacrés (*huacas*) pour y bâtir ses monuments ou sites cérémoniels. Or, cette région d'Amérique du Sud est géologiquement instable. « *Le sanctuaire du Machu Picchu a ainsi subi un tremblement de terre majeur lors de sa construction sous le règne de Pachacutec, entre 1438 et 1471*, explique Laurence Audin, qui

Édifiée à 2430 m d'altitude, la cité inca du Machu Picchu a subi un important tremblement de terre au cours de sa construction au XVe siècle.

a rejoint le laboratoire de l'ISTerre après six années passées dans les Andes. *Ces séismes ont non seulement endommagé les murs, mais ont apparemment entraîné des modifications dans les pratiques de construction* », poursuit la spécialiste de l'IRD. Au Machu Picchu, des dégâts ont été observés sur plusieurs centres cérémoniels. En particulier sur le temple du Soleil, le temple principal et le temple des Trois Fenêtres où 142 dommages structurels dits effets archéologiques sismiques (EAS) ont été enregistrés. « *Ces vestiges architecturaux peuvent servir de marqueurs et nous permettre ainsi de mieux comprendre la paléosismicité de la région* », ajoute Laurence Audin.

IRD, PROJETS CUSCO-PATA, RISK@UGA

Les pierres plus légères superposées sur des blocs plus massifs permettaient de limiter les dégâts en cas de séisme.

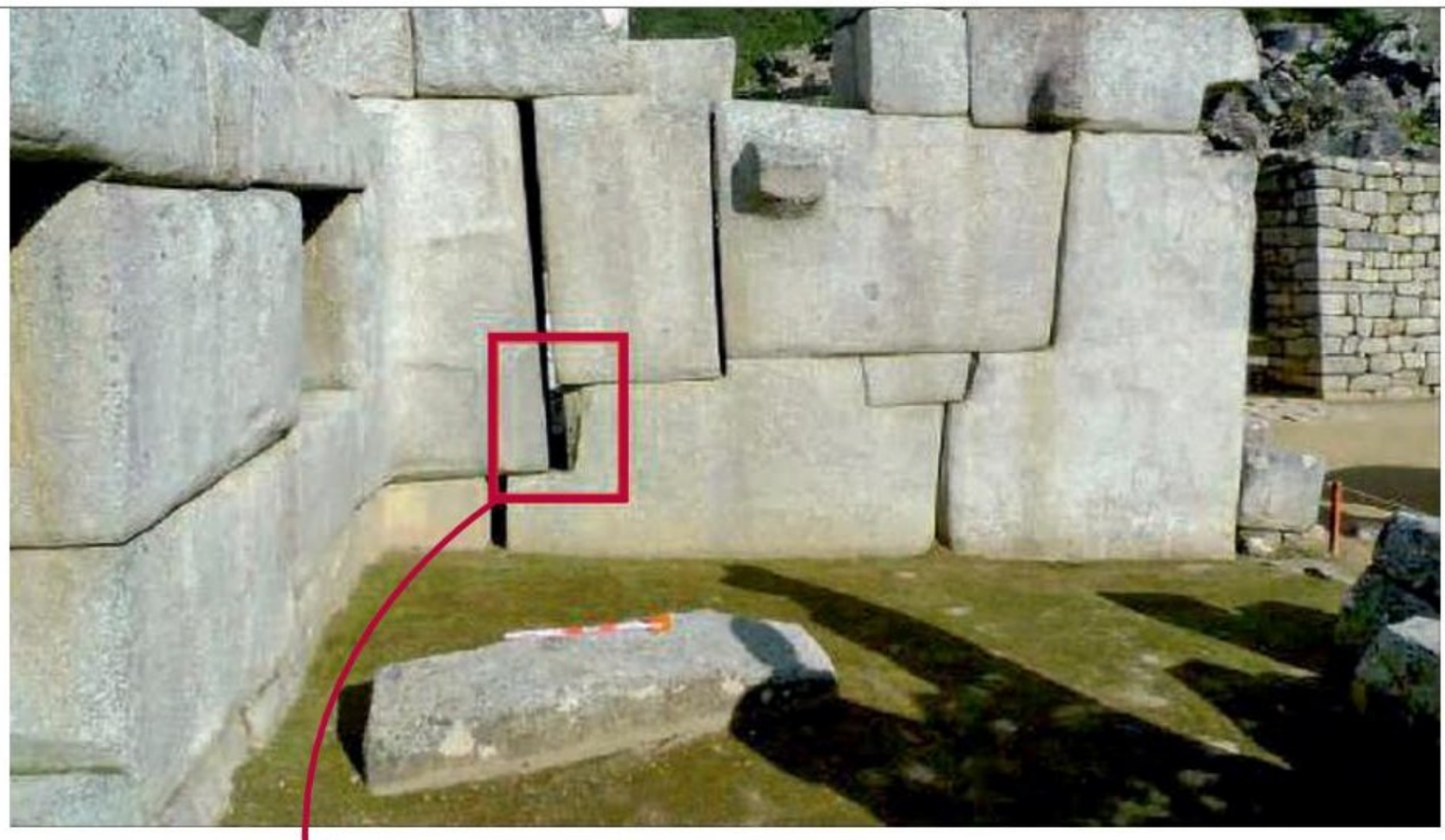
IRD, PROJETS CUSCO-PATA, RISK@UGA

L'archéogéologue Andy Combey, doctorant à l'ISTerre, est justement à l'affût de ces indices : « *Certains écartements entre les blocs de pierre, habituellement minutieusement ajustés, sont par exemple significatifs, tout comme les espacements latéraux de pierres, leur rotation, ou encore certains angles de blocs brisés. Ils résultent tous des chocs encaissés par les maçonneries lors des violents mouvements sismiques.* » *(Voir les schémas p. 44.)* Et les repérer demande beaucoup d'attention. Le jeune chercheur a déjà relevé ces traces dans plus d'une quinzaine de sites incas de la région ! Y compris à 80 kilomètres de là, à Capac llacta (l'actuelle Cuzco), la capitale de l'Empire inca située à

GÉNIE PARASISMIQUE

L'art de limiter l'impact des séismes

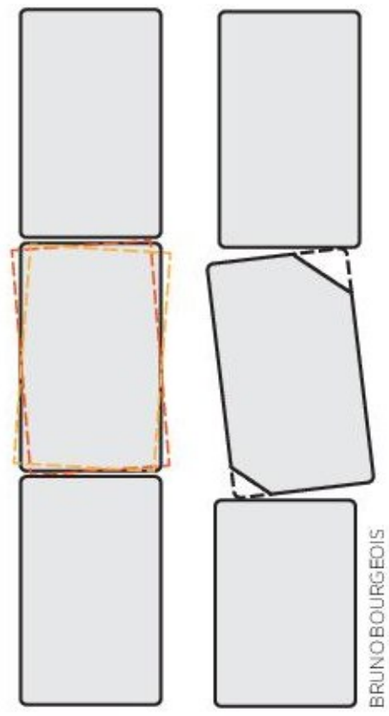
Les recherches menées par l'équipe franco-péruvienne d'archéosismologues ont mis en évidence une technique de construction spécifique des Incas pour tenter de limiter l'impact des séismes. Celle-ci consistait à élever des structures légères au-dessus de bases en pierre beaucoup plus massives qui sont la marque des monuments retrouvés sur les sites. Pour ce faire, les Incas utilisaient des pierres locales, en granit, calcaire ou andésite. Les gros blocs étaient dégrossis directement dans les carrières — toujours situées à proximité des chantiers de construction —, que les ouvriers retaillaient directement au pied des édifices. Ils étaient alors ajustés pour s'adapter étroitement aux pierres déjà en place, permettant à des blocs de 300 à 500 kg de s'emboîter. L'ensemble étant donc « maçonné à sec » (sans mortier).
Ne connaissant pas le fer, les bâtisseurs utilisaient des outils en pierre, en cuivre ou en bronze pour tailler les roches dures. Pour mener à bien ces travaux nécessitant une importante main-d'œuvre, les gouvernants incas recouraient à la Mit'a, un système de travail obligatoire auquel étaient astreints à tour de rôle tous les hommes de 15 à 50 ans.



IRD, PROJETS CUSCO-PATA, RISK@UGA

La preuve par les coins

Angles de bloc brisés, espacements latéraux, écartements entre les pierres témoignent des chocs subis par les bâtiments lors des tremblements de terre et servent de marqueurs aux chercheurs pour mieux comprendre la sismicité passée de la région.



BRUNO BOURGEOIS

3530 mètres d'altitude. Littéralement conçue comme le nombril du monde, la cité était reliée par un immense réseau de chemins aux autres centres urbains incas, aux lieux sacrés, aux avant-postes militaires ou encore aux résidences royales. Elle a été frappée à son tour à plusieurs reprises par des tremblements de terre majeurs au cours des derniers 500 ans. Et les chercheurs ont fait une découverte étonnante : « *Le célèbre temple du Coricancha* [L'Enceinte dorée, nommée ainsi en raison des plaques d'or qui l'ornaient] *portait les mêmes cicatrices sismiques que celles enregistrées sur le site du Machu Picchu ou la forteresse d'Ollantaytambo, dans la vallée sacrée de l'Urubamba,* indique Laurence Audin. *Or il a résisté au séisme de 1650, contrairement aux constructions coloniales espagnoles.* »
Il semble donc que les Incas avaient trouvé des solutions architecturales pour affronter ces désordres telluriques que les chercheurs commencent à décrypter. « *Leur maçonnerie est très particulière,* commente Andy Combey. *Nous avons ainsi remarqué qu'ils élevaient des murs plus légers au-dessus des puissants blocs trapézoïdaux harmonieusement polis qu'ils plaçaient souvent à la base des édifices. Les murs supérieurs étaient en outre construits en adobe ou par empilement de pierres plus petites, plus rapidement taillées.* »
Ainsi en cas de chutes lors des tremblements de terre, les risques étaient diminués. Moins lourds que les énormes blocs des parties inférieures — secoués au mini-

mum en raison de leur masse —, les structures supérieures, plus légères, permettaient sans doute d'épargner des vies quand elles s'effondraient et étaient plus vite reconstruites.

Localiser les lignes de failles actives

Avant de poursuivre ces recherches pionnières, les archéologues souhaitent mieux connaître la géologie de la région. « *Notre première nécessité est en effet de cartographier l'emplacement des lignes de failles actives présentes aux alentours des sites* », explique Laurence Audin. Un travail rendu difficile en raison de l'inaccessibilité des lieux. Pendant des années, l'étude des séismes, au Pérou, pays de la Ceinture de feu (alignement de volcans bordant le Pacifique), a en effet porté uniquement sur la frange côtière et les grandes zones de subduction de la côte pacifique fréquemment frappées par des séismes destructeurs. Or ces nouvelles recherches déplacent l'intérêt des chercheurs vers l'intérieur des Andes. Dans le passé, des tremblements de terre majeurs y ont eu lieu en 1650, 1950 et 1985. « *Les failles sismiques produisent des escarpements en surface qui vont de quelques centimètres d'épaisseur à plusieurs mètres, qu'il nous faut repérer* », poursuit la spécialiste qui, aidée de son équipe, creuse de profondes tranchées pour en dresser l'inventaire. Or, en suivant ces segments, les archéosismologues ont d'ores et déjà remarqué que ces lignes de failles sont souvent sur la route de sites d'occupation humaine, comme cela a déjà été constaté dans d'autres régions du monde soumises aux mêmes aléas. « *Les humains ont tendance à s'appuyer sur ces escarpements qui possèdent fréquemment des terres plus riches et donc plus favorables à l'agriculture.* »

Dans la vallée de Cuzco, des dizaines de sites archéologiques ont ainsi été trouvés alignés sur des failles actives. Faute d'un système d'écriture déchiffrable, aucun document témoignant des éventuelles connaissances des Incas en la matière n'est parvenu jusqu'à nous. Au contraire des Aztèques (Mexique) dont un codex (manuscrit) montre qu'ils disposaient au XVIe siècle d'une sorte d'échelle de Richter *(lire l'encadré ci-dessus)*. « *Ce projet que nous menons est unique et très prometteur car il relie histoire, archéologie, sismologie, paléosismologie et géologie,* enchaîne Laurence Audin, qui poursuit : *Il contribue à la conservation des grands sites du patrimoine inca, mais aussi et surtout à proposer aux autorités péruviennes des plans de gestion du risque, compte tenu de la vulnérabilité de ces régions densément peuplées.* » Car la région connaîtra inéluctablement de nouveaux séismes... ■

LAURENCE AUDIN

« Ce projet est unique car il relie histoire, archéologie, sismologie, paléosismologie et géologie »

Laurence Audin, directrice de recherche IRD à l'Institut des sciences de la Terre, à l'Université Grenoble Alpes

DOCUMENT

Chez les Aztèques, une échelle de Richter avant l'heure

L'examen minutieux d'un codex aztèque, le *Telleriano remensis*, parvenu en Espagne au XVIe siècle, a révélé que ce peuple possédait une grande connaissance des phénomènes naturels. Rédigé en nahuatl, la langue des anciens habitants du Mexique, ce manuscrit recensait des informations sur les éclipses mais aussi les éruptions volcaniques et les tremblements de terre. Ce document évaluait même les conséquences des événements sismiques sur les bâtiments, les glissements de terrain et les migrations humaines, les habitants étant parfois contraints de fuir ces catastrophes. « *Les Mexicas* [autre nom des Aztèques] *inventoriaient les séismes à l'aide de deux glyphes qui formaient le mot* tlalollin *:* tlalli *(terre) et* ollin *(mouvement). En outre, ils classaient les tremblements de terre selon leur intensité* », explique Victor Hugo Garduno-Monroy, de l'Institut de recherche en sciences de la Terre, à l'Universidad Michoacana San Nicola de Hidalgo (Mexique), l'auteur de l'analyse, aujourd'hui décédé. Une échelle de Richter bien avant l'heure, puisque celle-ci a été créée pour la Californie, en 1935.

SYLVAIN COLLET/LEEMAGE

Une pyramide ébranlée, plus de 1000 guerriers tués (représentés symboliquement) : récit d'un séisme dans le codex *Telleriano remensis* (XVIe siècle).

L'histoire de France se lit dans nos gènes

En étudiant le génome des Français contemporains, des chercheurs ont réussi à retracer l'histoire du peuplement de l'Hexagone jusqu'aux grandes épidémies du Moyen Âge et à la révolution agricole des XVIIIe-XIXe siècles.

Nous sommes des livres d'histoire. Nous portons en nous des traces du passé, enfouies dans notre ADN et les chercheurs ont la clé pour décrypter cette information cachée. Ainsi, en étudiant le génome de 2184 Français issus de deux recherches indépendantes, les scientifiques de l'Inserm et du CNRS ont réussi l'exploit de voyager dans le temps pour suivre le peuplement de l'Hexagone, être témoins des épidémies qui l'ont décimé et même... survoler les fleuves et les montagnes qui se sont révélés des frontières décisives pour les populations.

« *C'est la première fois qu'une étude génomique de cette ampleur se fait en France*, révèle Christian Dina, spécialiste en épidémiologie génétique à l'institut du Thorax à Nantes et l'un des principaux auteurs de l'étude publiée en janvier dernier dans la revue *European Journal of Human Genetics*. *J'espère que ce type de recherches pourra faciliter le dialogue entre les généticiens et les historiens, car la génétique peut apporter des informations solides qui contribuent à mieux comprendre le passé.* » Un dialogue pas toujours facile, comme l'explique l'anthropologue Denis Pierron, qui a participé à une étude similaire à Madagascar : « *Les Français restent très mal à l'aise avec l'étude de différences d'origine génétique, contrairement aux Anglo-Saxons.* » Ce travail vient pourtant confirmer des hypothèses, tout en apportant de nouvelles données qui permettront de connaître plus en profondeur l'histoire du pays.

Fleuves et reliefs sont des barrières géographiques

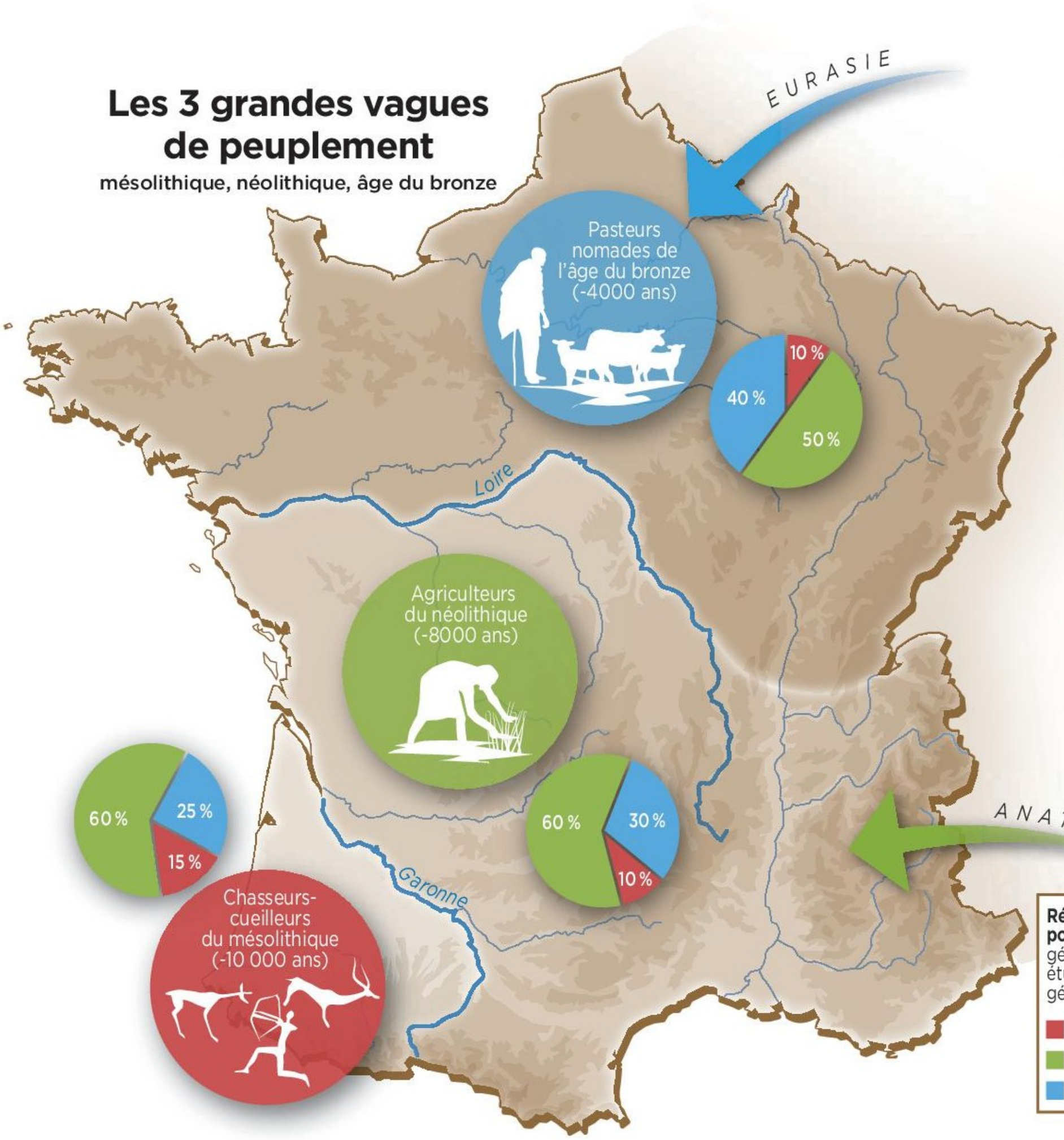
Premier enseignement de l'étude : les données génomiques confirment l'existence de trois vagues de peuplement au cours des millénaires, comme l'avaient déjà établi les préhistoriens. Mais les chercheurs ont pu en outre en déterminer l'origine en comparant l'information génétique retrouvée dans l'échantillon contemporain avec celle relevée dans différents sites archéologiques du continent. « *Nous avons pu établir qu'une première population de chasseurs-cueilleurs du mésolithique, qui s'était répartie il y a environ 10 000 ans dans toute la région qui correspond aujourd'hui à la France, a été remplacée partiellement par deux autres populations. L'une est issue d'Anatolie* [dans la Turquie actuelle] *pendant le néolithique, il y a à peu près 8000 ans ; l'autre, des plaines du nord de l'Eurasie pendant l'âge du bronze, il y a près de 4000 ans. Des archéogénéticiens travaillent actuellement pour dater plus précisément ces différentes vagues de peuplement* », détaille Christian Dina. Les chercheurs ont mis en évidence que l'ADN issu de ces trois populations est bien présent dans des personnes vivant aujourd'hui dans toutes les régions de la France, mais en proportions différentes. Ce qui permet de confirmer leur point d'entrée dans le pays et leur progression dans le territoire qui constitue aujourd'hui l'Hexagone. Les résultats montrent ainsi que les agriculteurs provenant d'Anatolie seraient arrivés par le sud-est — en raison de la plus grande proportion de traces de leur génome dans cette zone — tandis que la vague eurasienne serait arrivée par le nord, composée de bergers nomades en provenance des steppes au nord de la mer Noire. « *La structure génétique de la population française a été initialement modelée par ces événements migratoires, pour être ensuite affinée par le métissage et les barrières géographiques* », résume le chercheur *(voir la carte ci-contre)*.

Si les chercheurs ont pu établir

CHRISTIAN DINA

« C'est la première fois qu'une étude génomique de cette ampleur se fait en France »

Christian Dina, spécialiste en épidémiologie génétique à l'institut du Thorax, à Nantes (Loire-Atlantique)



L'étude génomique de la France montre que sa population actuelle est très homogène, mais avec quelques différences, notamment sur la proportion des origines génétiques entre les chasseurs-cueilleurs du mésolithique (en rouge), les fermiers du néolithique venant de l'Anatolie par le sud-est (en vert) et les pasteurs nomades de l'âge du bronze, venant d'Eurasie par le nord-est de la France (en bleu). L'ADN issu de ces trois populations est bien présent chez des personnes contemporaines de toutes les régions de France, mais en proportions différentes. Ces différences génétiques sont dues majoritairement aux deux principales barrières géographiques en France, la Loire et la Garonne.

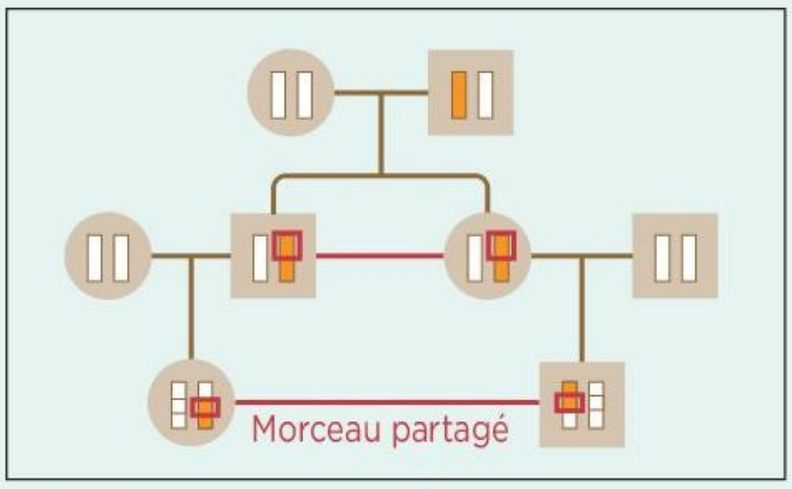
que la population actuelle est très homogène, ils ont en effet mis en évidence la cause principale des quelques différences qu'ils ont pu relever : la géographie. Outre les distances qui freinent les métissages, ce sont surtout les fleuves et les reliefs qui ont agi comme de véritables frontières. « *La Loire semble être ainsi la barrière la plus importante, séparant le nord et le sud du pays sur mille kilomètres,* explique Christian Dina. *Elle a longtemps été un fleuve très puissant, difficile à franchir. Sa vallée était régulièrement inondée, augmentant ainsi la taille de cette barrière par des kilomètres de boue et de marécages, rendant la zone encore plus difficile à traverser.* » Selon l'étude, l'autre grand obstacle au flux génétique a été la Garonne, un fleuve de plus de 600 kilomètres avec, lui aussi, un débit très important et peu de ponts ou de passages à gué pour passer de l'Aquitaine au reste de la France (*voir la carte ci-dessus*).

Les chercheurs se sont également intéressés à l'évolution de la taille de la population française au cours des deux derniers millénaires (*lire l'encadré p. 48*). Leur analyse montre une croissance démographique continue, brusquement interrompue par une période de rétrécissement qui débute autour du XIVe siècle pour perdurer pendant environ 400 ans. « *Cela semble correspondre aux nombreux épisodes de peste qui se sont abattus sur l'Europe à partir de cette époque, avec — en moyenne — un événement tous les sept ans* », explique Patrice Bourdelais, démographe et historien spécialisé dans l'étude des épidémies à l'École des hautes études

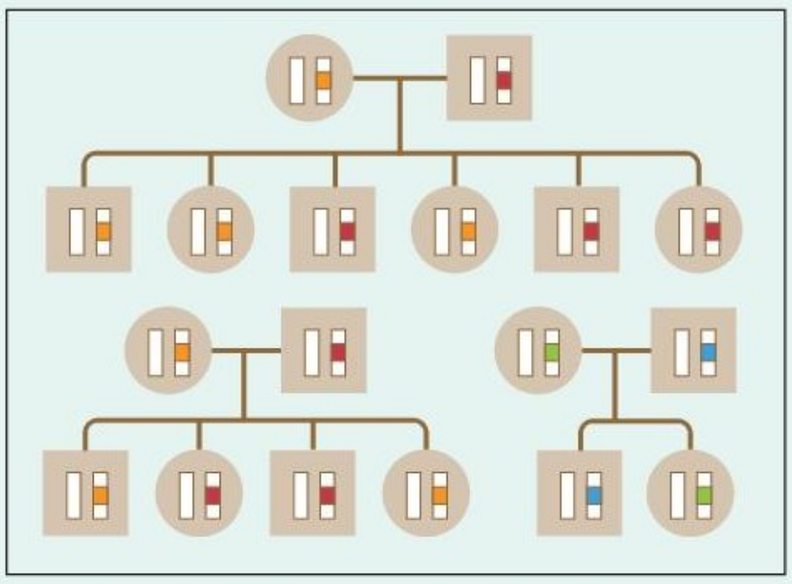
MÉTHODES

Comment on calcule la taille des populations anciennes

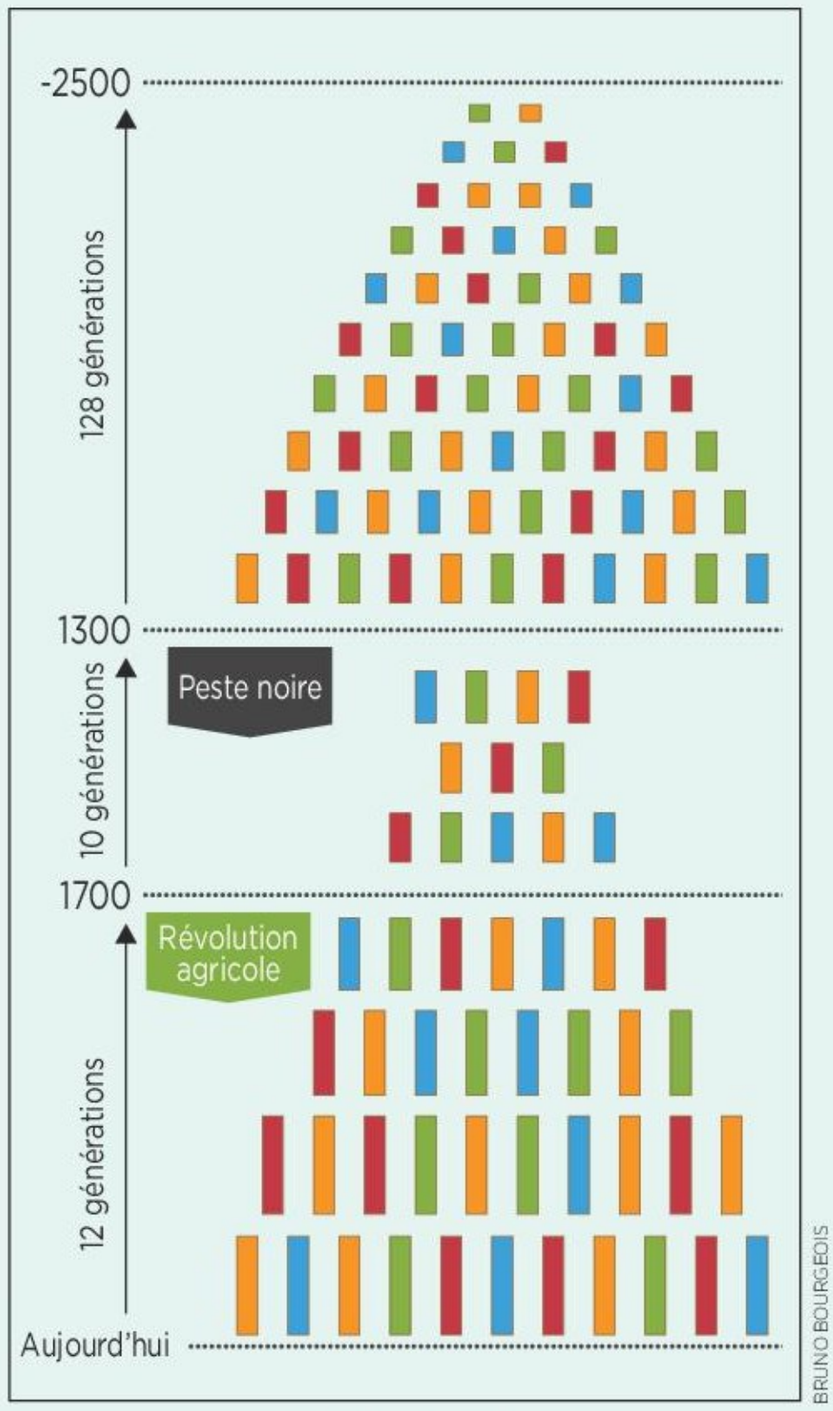
Les génomes utilisés pour l'étude sur l'origine des Français appartiennent aux cohortes de deux grandes études sur la santé dans l'Hexagone, nommées Su.vi.max et Three-City study. Chaque individu possède 23 paires de chromosomes qui sont des mosaïques faites de morceaux d'ADN hérités de ses parents, eux-mêmes les ayant hérités de leurs parents et ainsi de suite. C'est en étudiant la quantité et la fréquence de ces morceaux différents dans cet échantillon de population actuelle, ainsi que leur taille, que les chercheurs sont parvenus à calculer le nombre de personnes ayant vécu à un moment donné en France. Dans cette étude, ils ont suivi cette transmission sur 150 générations, depuis environ 4500 ans *(voir schéma de droite)*. Pour remonter plus loin encore dans le passé, les chercheurs ne comparent plus des morceaux chromosomiques, mais les mutations génétiques partagées par plusieurs individus.



Première étape : le calcul du temps. À chaque reproduction, les parents transmettent des morceaux chromosomiques à leur descendance. Avec chaque génération, la recombinaison entre chromosomes peut couper ces morceaux partagés. Plus il y a de générations, plus ces morceaux partagés seront petits, permettant de calculer le temps passé depuis que ces morceaux chromosomiques ont été partagés pour la première fois.



Deuxième étape : le calcul de la taille de la population. Plus il y a de personnes qui se reproduisent à un moment donné (ce qui donne une idée de la population totale à ce moment-là), plus il y aura de variabilité génétique dans les morceaux chromosomiques partagés des générations suivantes.



Troisième étape : l'étude sur le long terme. Grâce à la taille des morceaux chromosomiques partagés et à leur variabilité, les chercheurs ont mis en évidence une augmentation continue de l'effectif de la population en France, suivie d'une diminution brusque à partir du XIVe siècle (après une série d'épidémies de peste en Europe) et finalement, une reprise de la croissance démographique du XVIIIe siècle jusqu'à aujourd'hui.

en sciences sociales (Ehess), à Paris. Durant cette période, les historiens estiment en effet que la population française a chuté d'environ 40 %, ce qui correspondrait à la disparition de 7 millions d'habitants sur un total de 18 millions. Toutefois, il existe un point sur lequel les données génétiques ne s'accordent pas avec les documents historiques. Selon les résultats de l'étude, cette contraction démographique est surtout visible dans le génome des habitants de la partie nord de la France, ce qui surprend Patrice Bourdelais : *« Du XIVe au XVIe siècle, c'est majoritairement dans le sud de la France que les épidémies ont sévi. Il n'y a eu qu'un seul épisode majeur dans le Nord, passée cette période, entre 1666 et 1670 : la peste a alors été contenue au nord de Paris grâce à un cordon militaire établi sur plus de 200 kilomètres, créant une frontière intérieure qui courait de Beauvais à Reims. »* La génomique aurait-elle mis en évidence un aspect encore méconnu de l'histoire ? Il est encore tôt pour le savoir, des recherches complémentaires étant nécessaires pour vérifier ces premiers résultats. ■

Nicolas Gutierrez C.

RÉMI FLAMENT

L'érosion explique que ces traces se retrouvent aujourd'hui sur la voûte de la cavité de Castelbouc.

Des empreintes de dinosaures au plafond d'une grotte de Lozère

Ces marques sont le premier témoignage de la présence de sauropodes en Occitanie, il y a 160 millions d'années.

C'EST DANS UNE IMMENSE CAVITÉ, située à 500 mètres sous le causse Méjean, en Lozère, qu'ont été découvertes des empreintes de sauropodes (des quadrupèdes herbivores), les premières jamais retrouvées dans une cavité naturelle au monde et les premières en France datant du bathonien, une période du jurassique moyen, il y a 160 millions d'années. Ce sont également la première confirmation de la présence de sauropodes dans la région des Grands Causses (Occitanie). Particularité rare, ces empreintes ont été retrouvées... sur le plafond de la grotte ! Une énigme que les chercheurs ont voulu résoudre. Or pénétrer à l'intérieur de cet espace de 80 mètres de long pour 20 de large et 10 de hauteur n'a aujourd'hui rien d'aisé. « *Pour accéder à la salle aux empreintes, il faut progresser pendant environ une heure à travers une série de boyaux étroits parfois noyés lors de fortes pluies* », explique Jean-David Moreau, paléontologue à l'université de Bourgogne et découvreur des traces dans le cadre d'une exploration spéléologique menée par l'Association paléontologique des hauts plateaux du Languedoc.

En fait d'empreintes, il faut plutôt parler de contre-empreintes car les traces retrouvées ne sont pas des enfoncements mais des moulages convexes, formés par une série de processus de pétrification et d'érosion. Comment ces empreintes ont-elles pu se former à cet endroit ? Les animaux marchaient sans doute en troupeau, dans de la boue, au bord d'un lagon entouré par une forêt de conifères. Cette boue a plus tard été recouverte par une autre couche de boue, puis une autre et encore une autre... Finalement, la couche la plus basse — recélant les empreintes — s'est transformée en roche : au cours des millions d'années suivantes l'eau a creusé une cavité sous elle, aboutissant à la formation de la grotte de Castelbouc..., où les traces apparaissent désormais au plafond.

Des formes de doigts, de coussinets et de griffes

Au total, 38 contre-empreintes ont été examinées avec l'aide de chercheurs du Laboratoire biogéosciences de l'université de Bourgogne, à Dijon. Elles sont de trois types, dont deux de morphologie inconnue. Certaines laissent même apparaître la forme des doigts, des coussinets et des griffes. « *Leur dimension est impressionnante, jusqu'à 1,25 m de diamètre. Elles correspondent au passage de gros dinosaures, probablement du groupe des titanosauriformes qui compte dans ses rangs parmi les plus imposants animaux ayant existé sur Terre* », explique Jean-David Moreau. Les sauropodes des Grands Causses devaient mesurer au moins 4 mètres de hauteur au garrot mais il est difficile d'appréhender leur taille ou d'autres caractéristiques morphologiques juste avec ces contre-empreintes. Pour en savoir davantage, il faudra sans doute attendre la découverte de nouvelles traces fossiles dans l'une des nombreuses grottes de la région qui n'ont pas encore été explorées. ■ **Joël Ignasse**

Deux régions reprennent en main leur destin agricole

Bretagne et Nouvelle-Aquitaine font front commun contre Paris et Bruxelles. Elles s'opposent aux pratiques conventionnelles et soutiennent l'agro-écologie, incitant éleveurs et agriculteurs à privilégier les pâturages et le développement du bio.

Par Loïc Chauveau @Loïc_Chauveau

THIERRY PASQUET/SIGNATURES

Cinq raisons pour choisir l'agro-écologie

1 **L'amélioration des bénéfices** des éleveurs.

2 **Le maintien de la biodiversité** grâce à l'entretien de prairies pérennes.

3 **L'environnement :** le stockage de carbone dans le sol (changement climatique) et l'évitement des fuites de nitrate dans les rivières et dans la mer (marées vertes).

4 **L'indépendance alimentaire** économisant ainsi l'importation de soja.

5 **Le bien-être animal :** les vaches sont moins malades.

◀ **Longtemps place forte du modèle conventionnel,** la Bretagne compte aujourd'hui 10 % d'exploitations en bio. Ici, Nicolas Saussey éleveur laitier à Broons-sur-Vilaine.

INCROYABLE ! Chez quelques dizaines d'éleveurs laitiers bretons, les vaches mangent… de l'herbe. Ces pionniers font fi depuis des années des sobriquets qui leur sont accolés par les agriculteurs conventionnels : *« babas cools »*, *« marginaux »*, *« indécrottables passéistes »*… Face au système dominant qui impose depuis les années 1960 un régime à base de maïs et de soja aux animaux, ces agriculteurs essaient de faire la preuve que leur méthode, plus écologique, est aussi plus productive et plus rentable. Au point que le conseil régional de Bretagne en fait désormais l'un des symboles de sa volonté nouvelle de prendre la main sur la politique agricole commune (PAC) en cours de négociation à Bruxelles. Tout comme la région Nouvelle-Aquitaine qui s'est engagée dans la même voie *(lire l'encadré p. 53)*. Toutes deux se sont ainsi récemment unies pour s'élever publiquement contre la décision du gouvernement de retirer aux régions la gestion des mesures agro-environnementales et climatiques (Maec) prévues pour la période 2021-2027, soit 200 millions d'euros par an. L'État s'estime plus efficace pour gérer ces fonds et les répartir équitablement entre les territoires.

Cet affrontement entre régionalistes et centralisateurs étatiques se vit concrètement lors d'une après-midi typiquement bretonne, où les courtes averses succèdent aux rayons de soleil. Dans le bureau du groupement agricole d'exploitation en commun (Gaec) de Faouët à Hillion, commune proche de Saint-Brieuc (Côtes-d'Armor), ils sont quelques-uns à raconter comment ils ont un jour abandonné le modèle productiviste pour le système dit herbager. Pierrick Charles est sans doute l'un de ceux qui sont allés le plus loin dans la démarche. *« Sur les 85 hectares de ma ferme à Hénon, je n'ai plus que 8 hectares de maïs et 8 hectares en blé et féveroles contre plus du tiers auparavant*, explique l'éleveur. *Mes 65 vaches sont désormais nourries exclusivement sur la propriété. »* Comme son voisin Jean-Pierre Guernion, sa réflexion démarre au début de la décennie lorsqu'il fait le constat que la nourriture de ses vaches est constituée principalement de maïs, une plante pourtant à faible teneur en protéines, dont elles mangent jusqu'à 60 kg par jour l'hiver. Il leur apporte donc du soja à raison de 800 kg par vache et par an. Or cette plante OGM est importée d'Amérique latine ou des États-Unis à raison de 3,5 millions de tonnes par an et le bilan climatique est désastreux du fait notamment de la déforestation. Surtout, *« l'aliment représente la moitié du budget des exploitations laitières. En réintro-* ▶

POLITIQUE EUROPÉENNE

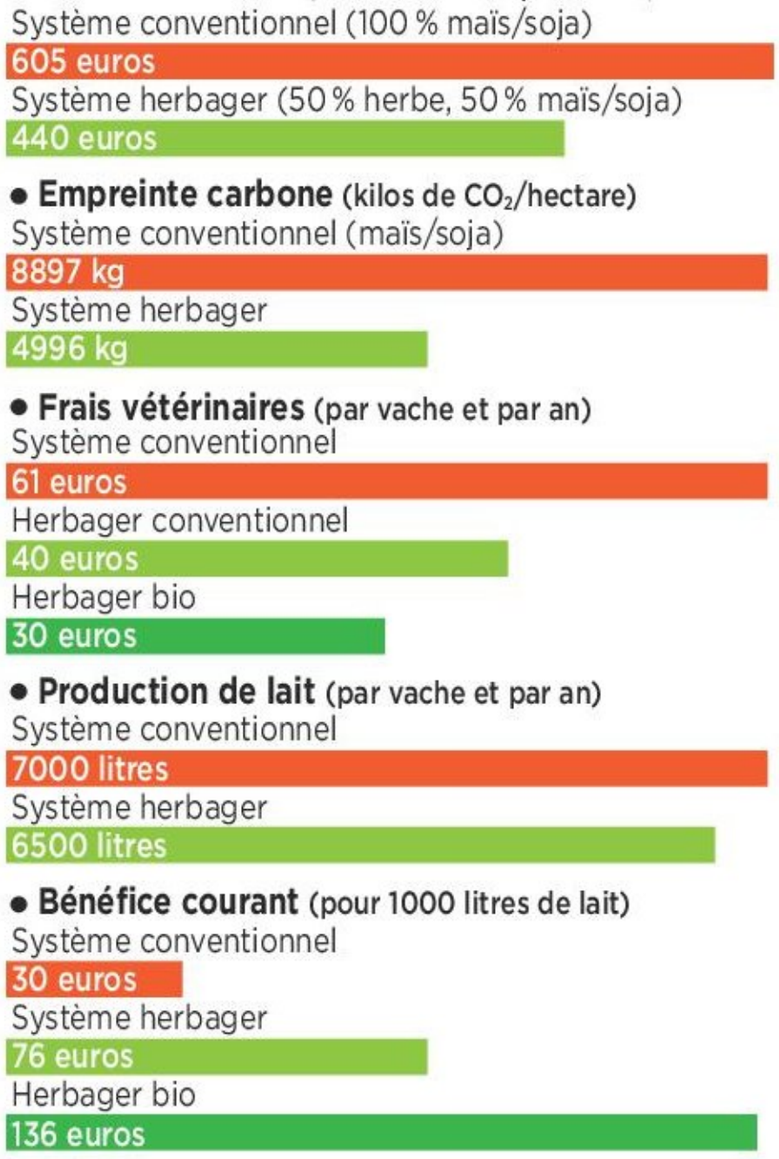
Les piliers de la PAC

Prévue par le traité de Rome de 1957, et instaurée en 1962, la politique agricole commune (PAC) est un programme européen renégocié tous les six ans. Le budget pour 2014-2020 s'est élevé à 362 milliards d'euros, soit 37 % du budget total européen. La PAC comporte deux « piliers ». Le premier est une aide corrélée à la surface de l'exploitation, représentant 75 % des subsides. Le second regroupe les aides environnementales comme les Maec (mesures agro-environnementales et climatiques) et l'aménagement du territoire.

duisant 50 % d'herbes, on diminue de 39 % cette charge et on améliore le bilan financier de l'exploitation », expose François Leray, animateur au Centre d'étude pour un développement agricole plus autonome (Cedapa), une association de 150 agriculteurs locaux. Ils l'assurent tous : avec le système herbager, ils ont abandonné la course au chiffre d'affaires pour ne rechercher que le bénéfice. Et ils gagnent mieux leur vie même si leurs vaches produisent de 400 à 600 litres de lait en moins par an selon leurs propres bilans.

Ces principes ont été édictés dans les années 1980 par un petit éleveur du centre de la Bretagne, André Pochon, qui n'a cessé de promouvoir pendant des décennies ses prairies intensives semées en ray-grass et trèfle blanc, une association d'herbacées et de légumineuses aptes à fournir aux bovins une alimentation équilibrée sans apports extérieurs. La méthode est cependant restée marginale face à un système lancé dans une augmentation continue de volumes de lait, la production bretonne étant passée de 14 millions d'hectolitres en 1950 à 54 millions aujourd'hui. La modernisation de l'agriculture est alors érigée en « révolution verte » devant nourrir le monde et les vieux systèmes sont vilipendés. Dans sa thèse publiée en 1968 sur l'élevage en Normandie, le chercheur Armand Frémont résume bien l'état d'esprit de l'époque. « *Confronté aux élevages de Hollande, de Bavière, du Dairy Belt* [la région de production laitière aux États-Unis] *et de Nouvelle-Zélande, le système herbager apparaît encore plus anachronique que lorsqu'on le juge dans l'absolu. Aussi faible par le rendement à l'hectare que par la productivité du travail, il n'a pas des résultats dignes d'un élevage moderne. Ni intensif ni productif, il ne l'emporte que par l'inefficacité.* » Plus personne n'ose aujourd'hui proférer un tel jugement ! Car

Les systèmes herbagers multiplient les avantages



BRUNO BOURGEOIS

COURTESY GILLES BILLEN

INTERVIEW

GILLES BILLEN

DIRECTEUR DE RECHERCHE AU CNRS/UNIVERSITÉ PIERRE-ET-MARIE-CURIE, À PARIS

« On peut nourrir la France en se passant des pesticides »

Un retour à la polyculture-élevage est-il envisageable en France ?

Oui. Nous avons montré au sein du laboratoire Milieux environnementaux, transferts et interactions dans les hydro-systèmes et les sols (Metis) qu'il est possible de nourrir la France en se passant des pesticides et des engrais de synthèse et en continuant d'exporter des céréales vers les pays comme l'Égypte qui en ont vraiment besoin. Et on préserve les ressources en eau et la biodiversité, tout en émettant deux fois moins de gaz à effet de serre.

Quel constat faites-vous du fonctionnement de l'agriculture française ?

L'agriculture est trop intensive et trop spécialisée avec, par exemple, l'élevage concentré en Bretagne et les grandes cultures dans le bassin parisien. Les éleveurs doivent importer du soja et les céréaliers sont obligés d'épandre des engrais chimiques car ils ne disposent plus de la matière organique des animaux. La question n'est pas tant d'édicter des règles pour raisonner l'usage des intrants et l'épandage des déjections animales que de s'attaquer aux racines de cette situation.

Comment en est-on arrivé là ?

Un système de polyculture-élevage dominait en France jusqu'en 1950. Il permettait le recyclage sur l'exploitation des déjections animales, largement issues de la fixation symbiotique de l'azote de l'air qu'assurent les légumineuses fourragères, comme le trèfle ou la luzerne, intégrées dans les rotations culturales à l'époque. C'est le recours massif aux engrais de synthèse, produits selon le procédé Haber-Bosch mis au point à la veille de la Première Guerre mondiale pour fabriquer des explosifs, qui a rendu possible l'intensification, la spécialisation et l'ouverture de l'agriculture actuelle.

Propos recueillis par L. C.

de spectaculaires marées vertes, créées par les proliférations d'algues à la fin des années 1980, ont vite dénoncé les fuites d'azote du système. Les excédents d'engrais chimiques utilisés pour le maïs, lessivés par les pluies, rejoignent en effet les rivières et finissent par nourrir les ulves. Raison pour laquelle les agriculteurs sont depuis cette crise limités à l'apport de 170 kg de nitrate par hectare et par an. Mais cette mesure s'est révélée insuffisante pour réduire les marées vertes. Et parce qu'elle prend la place des surfaces cultivées, la prairie est apparue bien plus efficace.

Moins de lait, mais moins de frais vétérinaires

Gérer une zone herbagère impose une nouvelle organisation. « *Nous découpons notre surface d'exploitation en différentes zones et nous organisons une rotation du troupeau pour éviter le surpâturage*, détaille Olivier Josset, exploitant à Fouët. *Et nous gardons des prairies pour la fauche afin d'avoir de l'herbe pour l'hiver.* » Cela implique d'avoir l'œil pour évaluer la biomasse disponible de chaque parcelle. Il faut ainsi compter un demi-hectare d'herbe par vache auquel s'ajoutent les surfaces nécessaires pour le foin d'hiver et la petite part de maïs qui sert d'assurance contre une éventuelle sécheresse qui grillerait les prairies. « *Si l'on compte les surfaces de soja à l'étranger nécessaires pour nourrir les vaches en système conventionnel, on s'aperçoit que l'herbe est tout aussi productive* », note François Leray.

Pourtant, la filière laitière traditionnelle reste vent debout contre ce système. Gurvan Sagory, qui a commencé la mutation de sa ferme à Trédaniel (Côtes-d'Armor) en 2018, peut en témoigner : « *Que ce soit mon conseiller à la laiterie ou le vendeur d'aliments, mais aussi mes voisins, tous ont tenté de me dissuader en me disant que l'herbe ça ne nourrissait pas plus que la salade !* » Certes, la production de lait est effectivement moins forte, mais les éleveurs l'assurent : cette baisse est compensée par une réduction de 50 % des frais de vétérinaires, les vaches étant en meilleure santé. Le bilan carbone est également excellent, le système herbager ayant une empreinte carbone de 0,75 kg de CO_2 par litre de lait contre 0,87 kg pour le conventionnel. Autant de raisons qui ont poussé le conseil régional à soutenir désormais fortement ces exploitations à travers les Maec pour un montant de 195 millions d'euros depuis 2015. « *En cinq ans, nous avons accompagné 5000 éleveurs dans leur transition, et notre but c'est d'impliquer l'ensemble des 30 000 exploitants de la région* », ambitionne Loïg Chesnais-Girard, président de la région Bretagne. D'où la colère de se voir déposséder des fonds nécessaires pour mener à bien cette révolution agro-écologique. La nourriture des vaches, nouvelle pomme de discorde entre jacobins et girondins ! ■

THOMAS LOUAPRE/ DIVERGENCE

Le plan Néo Terra de la région veut certifier en bio 80 % des exploitation de la région dès 2030 (ici le domaine Illaria, à Irouléguy, au Pays basque).

BIO

La Nouvelle-Aquitaine veut répondre à l'urgence climatique

En Nouvelle Aquitaine, 12 000 exploitations sur les 70 700 de la région sont épaulées grâce aux Mesures agro-environnementales (Maec) dont le gouvernement a décidé de retirer la gestion aux régions. D'où la colère d'Alain Rousset, président de la Nouvelle-Aquitaine, qui s'est associé à la région Bretagne pour protester contre cette mesure. « *Le mouvement doit s'accélérer parce que la catastrophe climatique est déjà là*, assure celui qui veut garder le contrôle de sa politique agricole. *Notre plan Néo Terra veut certifier 80 % des exploitations de la région en bio dès 2030. Pour cela, il nous faut la pleine responsabilité de la PAC.* » Le conseil régional a d'ores et déjà programmé la fin de l'utilisation des pesticides cancérogènes, mutagènes et reprotoxiques encore autorisés dès 2025 et la fin totale des produits phytosanitaires en 2030. L'agriculture devra en outre réduire de 30 % ses prélèvements d'eau l'été. 30 % des exploitations commercialiseront leurs produits en circuit court à la fin de la décennie et l'ensemble des lycées agricoles devront basculer sur l'enseignement des pratiques agro-écologiques. Enfin, la restauration collective devra utiliser 20 % de produits bio et les cantines scolaires 30 %.

Et si les hirondelles faisaient de nouveau le printemps...

Ces oiseaux migrateurs sont victimes des pesticides et de la destruction de leur habitat. Pourtant, des solutions simples existent pour les aider à repeupler nos villes et campagnes.

PROFITER DU CONFINEMENT IMPOSÉ en raison de la pandémie de Covid-19 pour photographier l'arrivée des premières hirondelles, dans son jardin, depuis son balcon, par la fenêtre... même de loin ! C'est le défi lancé le 23 mars par le Centre permanent d'initiatives pour l'environnement (CPIE) de Mayenne - Bas-Maine. « *Nous faisons appel aux citoyens pour nous permettre de répertorier ces passereaux et adapter au mieux les actions pour les protéger*, explique Justine Lebreton, du CPIE. *Les données sont vérifiées pour tracer leur migration avec la date et le lieu de l'observation.* » Cette initiative départementale de science participative complète l'opération nationale « Confinés, mais aux aguets », lancée une semaine plus tôt par la Ligue de protection des oiseaux (LPO) et le Muséum national d'histoire naturelle (MNHN) de Paris, qui concerne cette fois l'ensemble des volatiles de jardins. Durant la période de confinement des humains, les oiseaux ne sont, certes, pas moins farouches qu'en temps ordinaire... mais ils sont moins dérangés. Dans des villes et campagnes désormais plus silencieuses, leur chant

Les 5 espèces qui se reproduisent en France

HIRONDELLE RUSTIQUE
(Hirundo rustica)

La plus abondante

- Niche dans les granges et cheminées.
- 900 000 à 1,8 million de couples en moyenne, répartis sur 92 % du territoire métropolitain (*Atlas des oiseaux de France métropolitaine*).
- Classée vulnérable par l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN), avec une baisse de 41 % des effectifs entre 2008 et 2018.

HIRONDELLE DE RIVAGE
(Riparia riparia)

La plus petite

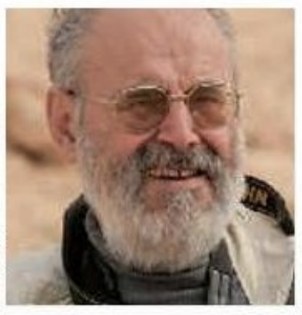
- La seule en Europe à creuser des terriers. Occupe les bassins fluviaux, les milieux dunaires mais aussi les sablières.
- 60 000 à 100 000 couples en moyenne.
- Population stable.

HIRONDELLE DE FENÊTRE
(Delichon urbicum)

La cible de ses voisins humains

- Niche sur les façades urbaines et campagnardes.
- 600 000 à 1,2 million de couples recensés en moyenne (Atlas des oiseaux de France métropolitaine).
- En déclin de 33 % entre 2008 et 2018 (données STOC, suivi temporel des oiseaux communs, MNHN).

s'entend même plus facilement. Les coordonnées ainsi fournies sont précieuses pour documenter en particulier la population des hirondelles, ces migratrices familières des beaux jours devenues pour certaines vulnérables. *« En France, en 2020, la première arrivée a été une hirondelle rustique. Elle a été aperçue dès le 2 janvier, dans le marais Breton, en Vendée »*, précise l'ornithologue Laurent Couzi, de la LPO de Rochefort. Un peu tôt dans la saison ? Il y a vingt ans, les plus intrépides arrivaient en février et c'est seulement à partir de mi-mars que déferlait le gros de la gracieuse troupe. Mais depuis plus d'une décennie, les habitudes de ces passereaux, dont cinq espèces se reproduisent dans l'Hexagone *(voir ci-dessous)*, ont changé. Les oiseaux arrivent plusieurs semaines plus tôt. Les spécialistes ont même observé des hirondelles qui passent l'hiver dans la péninsule Ibérique au lieu de filer au sud du Sahara, à l'instar d'ailleurs des cigognes, des petits ducs, des torcols ou des milans noirs. Un phénomène qui pourrait s'accélérer avec le changement climatique en cours, pourvu que ces chasseresses trouvent des insectes volants ou du plancton aérien à mettre à leur menu hivernal. Car elles doivent se préparer à un long voyage et arriver en France en bonne forme physique pour une épuisante période de reproduction et de soins aux petits. *« Chez les espèces migratrices, il est important d'arriver le plus tôt possible afin de s'assurer le meilleur emplacement, d'effectuer le maximum de pontes, trois dans le meilleur des cas »*, explique Georges Olioso, instituteur retraité, ornithologue amateur réputé, auteur d'une remarquable somme sur les hirondelles*.


AURÉLIEN AUDEVARD

« La construction d'un nid prend entre une et trois semaines et nécessite entre 700 et 1450 boulettes de boue »

Georges Olioso, ornithologue amateur, délégué régional du CRBPO (Centre de recherche sur la biologie des populations d'oiseaux, laboratoire du Muséum)

Un retour au plus près du lieu de leur naissance

Si elles reviennent chaque année, c'est que les hirondelles sont fidèles à leur nid… plus qu'à leur conjoint ou conjointe : il n'est pas rare en effet qu'elles « divorcent » si les nichées sont trop réduites ou chétives, tandis que les couvées portent parfois l'ADN de deux à trois pères. Mais les parents, sauf séparation, rejoignent leur précédent nid, tandis que les jeunes mâles reviennent également au plus près, c'est-à-dire dans un rayon de 5 kilomètres, du lieu de leur naissance. Mais cette constance envers leur site originel de reproduction a ses revers. Si celui-ci a été occupé par des moineaux agressifs ou détruit entre-temps, c'est une source de stress et de dépense énergétique supplémentaire pour ces espèces maçonnes. *« La construction d'un nid prend entre une et trois semaines et nécessite entre 700 et 1450 boulettes de boue pour les hirondelles rustiques, de fenêtre, de rochers ou rousselines »*, précise Georges Olioso. Raison pour laquelle le code de

PHOTOS : T.WARD, N.PEKONEN, BUITEN-BEELD, FLPA-G.FERRARI, ARTEN, GEORGE FESTER/FLPA/OSPHOTO

HIRONDELLE DE ROCHERS
(Ptyonoprogne rupestris)

L'opportuniste

- Colonise les tunnels, les bâtiments, les sites artificiels. Ne se reproduit que dans les massifs de la moitié sud de la France.
- 30 000 à 50 000 couples en moyenne.
- En hausse de 29 % ces dix dernières années (données STOC, suivi temporel des oiseaux communs, MNHN).

HIRONDELLE ROUSSELINE
(Cecropis daurica)

La plus rare

- Observée pour la première fois en 1962.
- 100 à 200 couples en moyenne, répartis sur 2 % du territoire, sur la façade méditerranéenne.
- Vulnérable, elle a toutefois prospéré de 41 % entre 2005 et 2015 (données STOC, suivi temporel des oiseaux communs, MNHN).

JEAN-MICHEL EMPORTES / NATURIMAGES

L'hirondelle de rivage est la seule espèce européenne à creuser un terrier dans des berges de cours d'eau, dans des dunes ou sablières (ici, en Touraine).

IDÉES PRATIQUES

Comment favoriser leur retour

Chacun d'entre nous peut agir pour favoriser le retour des hirondelles. Lorsque des nids ont été repérés dans des carrières, des tunnels, des blockhaus ou des immeubles promis à la rénovation ou à la démolition, il est conseillé d'alerter la Ligue pour la protection des oiseaux (LPO) et les entreprises ou les promoteurs afin qu'ils offrent des solutions alternatives aux oiseaux. Ainsi, dans la vallée de la Durance, des exploitants de sablières ont accepté de classer une falaise hors zone d'exploitation pour que les hirondelles de rivage y nichent.
À Nice, les démolisseurs d'un bâtiment ont installé une tour avec des nids artificiels dans un lieu propice, pour remplacer ceux qu'ils allaient détruire. Selon plusieurs études, les passereaux apprécient les abris qu'on fabrique pour eux qu'ils occupent de 35 % à 100 %. Pour favoriser l'hirondelle rustique, il est ainsi possible de créer une ouverture dans la porte de son garage, de sa grange, dans un local d'immeuble, etc. Et si une hirondelle de fenêtre niche sous un encorbellement ou sur une façade, il suffit de clouer une planche sous le nid pour contenir les déjections. Enfin, créer des mares en pente douce ou des zones de terre nues à proximité des sites favorables à la nidification permet que les oiseaux y puisent leurs matériaux de construction.

STÉPHAN BONNEAU / BIOSPHOTO

Des nids artificiels ont été aménagés dans une « tour à hirondelles », à Nice, afin de remplacer ceux détruits lors de la démolition d'un vieux bâtiment proche.

- l'environnement punit la destruction des sites de reproduction, des aires de repos ou des nids d'une amende pouvant aller jusqu'à 15 000 euros assortie d'un an de prison. *« Or, si ces destructions se font pendant l'hiver, c'est ni vu ni connu... Personne ne dépose plainte »*, regrette Georges Olioso.

L'humain, son principal ennemi

Car déjà sensibles au froid et à la canicule, exposées à de multiples prédateurs (faucons, belettes), les hirondelles autrefois bienvenues (car elles éradiquent les mouches et moustiques) ont désormais les humains comme meilleurs ennemis. Elles ont vu disparaître entre 1960 et 2000 la moitié des zones humides, dont les précieuses roselières qui leur servent de dortoir et de garde-manger pendant leurs voyages aller ou retour. Et l'emploi massif de pesticides tue sans discernement les insectes volants dont elles ne nourrissent : dans les zones traitées, la population d'hirondelles a chuté de 23 % et le nombre de jeunes — nourris faute de mieux avec des fourmis volantes peu digestes — a dégringolé de 35 % comme l'ont montré depuis 2006 des études de l'institut de recherche de la Tour du Valat, dans le parc naturel régional de Camargue. Les cours d'eau régulés, les berges bétonnées, les eaux relarguées par des barrages ont en outre conduit les hirondelles de rivage à occuper les carrières de sable et de galets exploitées pour la construction des autoroutes et lignes ferroviaires. Une cohabitation avec les humains et leurs machines qui n'est pas de tout repos. Sans compter que le goudronnage à tous crins des chemins de terre a privé ces maçonnes de lieux où s'approvisionner en boue. Quant aux hirondelles rustiques, elles trouvent de plus en plus difficilement refuge dans les hangars d'élevage aseptisés et clos.
Cependant, l'infraction la plus courante, qui condamne les hirondelles de fenêtre, est sans doute la destruction des nids lors des démolitions ou rénovations d'immeuble ou de maison, ou par simple souci de propreté d'une façade. Des solutions simples existent pourtant *(lire l'encadré ci-contre)*. *« Il est ironique de constater que l'humain, l'espèce la plus polluante de la planète, ne supporte pas quelques salissures sur son crépi ! »*, soupire Georges Olioso qui aimerait plus de discernement chez ses contemporains. ■

Rachel Mulot @RachelFleaux

* *Hirondelles*, Delachaux et Niestlé, 204 p., 29 €

POUR EN SAVOIR PLUS

- Confinés mais aux aguets, sur le site Oiseaux des jardins : **sciav.fr/879jardins**
- CPIE Hirondelles : **sciav.fr/879CPIE**
- L'atlas européen Eurobird, avec suivi en temps réel : **sciav.fr/879bird**

Le lac Tchad résiste au changement climatique

La surface de ce plan d'eau dont dépendent 50 millions de personnes ne diminue plus depuis vingt ans. Une immense nappe d'eau souterraine lui permet de compenser l'évaporation.

LE LAC TCHAD NE SE RÉDUIT PLUS ! Ce vaste réservoir sahélien situé à cheval sur le Tchad, le Cameroun, le Nigeria et le Niger a pourtant vu sa surface diminuer de 90 % depuis les années 1960. Auparavant, c'était le sixième plus grand plan d'eau intérieur du monde, avec une superficie de 25 000 km². Le lac Tchad est en effet en bout de chaîne du système de drainage du plus large bassin continental d'Afrique (8 % de la superficie du continent). Dans les années 1980, il s'était réduit comme peau de chagrin et occupait moins de 2000 km², devenant un symbole du changement climatique. Vidé par de longues périodes de sécheresse, il s'est même divisé en deux cuvettes, au nord et au sud, ce qui a amené la communauté internationale à s'inquiéter de la possible disparition de cet écosystème, dont dépend la survie d'environ 50 millions de personnes.

Toutefois, une nouvelle étude, coordonnée par Florence Sylvestre, paléoclimatologue à l'Institut de recherche pour le développement (IRD), apporte un espoir : le lac Tchad ne serait pas en train de disparaître. « *Si l'on fait une longue reconstitution, il se montre extrêmement variable*, explique la chercheuse. *Certes, il n'a pas retrouvé son niveau de 1950 et reste assez bas, mais depuis vingt ans, il est stable et ne s'assèche plus.* » Ce résultat repose sur l'étude de données satellitaires. Explication : les précipitations ont augmenté dans l'ouest du Sahel depuis les années 1990. En avril 2013, le lac aurait ainsi recouvré 14 000 km² d'étendue d'eau. « *La cuvette nord est à nouveau alimentée régulièrement par le surplus d'eau de la cuvette sud* », précise Florence Sylvestre.

Ce n'est pas tout ! Les scientifiques ont établi que la surface du lac dépend beaucoup des interactions avec une nappe d'eau de 500 000 km² située à une profondeur de 70 mètres. Celle-ci lui permet de résister aux fortes conditions d'évaporation. Les données gravimétriques fournies par le satellite Grace de la Nasa ont permis « *d'évaluer le stock total d'eau dans l'ensemble du bassin et sa répartition dans les différents compartiments par variation de la gravité terrestre* », explique Jean-François Cretaux, du Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (Legos) à Toulouse. Conclusion : l'aquifère est responsable à lui seul de 40 à 70 % des variations de surface du lac Tchad ! « *La nappe souterraine est sans doute le vestige d'un méga-lac, qui existait il y a plus de 6000 ans* », estime le spécialiste. Celui-ci couvrait alors plus de 340 000 km², avec une profondeur de 160 mètres, contre moins de trois mètres désormais. ■

MARCO GUALAZZINI/CONTRASTO-REA

Même si son niveau reste historiquement bas, le lac ne semble plus menacé d'assèchement.

Sylvie Rouat @srouat1

Les bienfaits avérés de la musique

Les effets positifs du rythme et de la mélodie sont désormais reconnus par l'OMS : réduction de l'anxiété et de la douleur, baisse de la tension artérielle, diminution de certains effets secondaires. Et même réparation cérébrale chez des grands prématurés…

Par Sylvie Riou-Milliot

DEVINETTE. Quel est le traitement qui, selon les cas, apaise ou stimule, se consomme sans modération ni risque d'effets secondaires, est facile d'accès, simple d'utilisation, toujours accessible et sans aucun risque de pénurie ? La musique. Qu'on l'écoute ou la pratique, en solo ou en groupe, celle-ci nous fait incontestablement « du bien ». Au point que l'Organisation mondiale de la santé (OMS), convaincue de ses bienfaits, a publié voici quelques semaines un rapport consacré à ses effets — et à celui de l'art en général — sur l'amélioration de la santé et du bien-être. « *L'approche dite de musicothérapie, d'inspiration psychanalytique à ses débuts dans les années 1970, est restée longtemps purement empirique. Certains ont pu, à l'origine, exagérer ses effets ou mal les interpréter* », détaille le Pr Hervé Platel, neuropsychologue à l'université de Caen Normandie, l'un des premiers chercheurs en France à avoir utilisé les techniques de neuro-imagerie pour étudier les effets de la musique sur le cerveau. De fait, les pratiques n'ont pas toujours été évaluées ni standardisées. Mais au fil du temps, mélodies et rythmes ont imposé leurs capacités à soulager, aider, accompagner, à nous toucher parfois même jusqu'au frisson *(lire l'encadré ci-dessous)*. Sans pour autant guérir.

Afin de vérifier ses effets sur le bien-être des patients, les spécialistes de l'OMS ont analysé près de 900 études. Et la liste qu'ils sont parvenus à établir est longue : réduction de l'anxiété et de la douleur, baisse de la tension artérielle, diminution de certains effets secondaires dus aux traitements anticancéreux (nausées, fatigue). Avec la danse, c'est l'amélioration des scores de motricité de personnes atteintes de la maladie de Parkinson ou victimes d'un accident vasculaire cérébral (AVC) qui a été constatée. Quant au chant, il permet de mieux rééduquer la fonction respiratoire et le langage. Sans oublier une amélioration de la qualité de vie pour l'ensemble des malades et des conditions de travail pour les soignants, ravis de ces pauses musicales. Résultat : de nombreux services hospitaliers font désormais appel en France à la musique sous toutes ses formes : unités de néonatalogie, pédiatrie, gériatrie, mais aussi neuropsychiatrie, rééducation neurologique, soins palliatifs, centres antidouleur, blocs opératoires, salles de réanimation, urgences… Une diversité que l'on retrouve dans les modes d'intervention, qu'il s'agisse d'interprétation en direct par des musiciens ou d'écoute d'enregistrements grâce à des applications proposant des

DES EXEMPLES DE MALADIES CONCERNÉES

Accident vasculaire cérébral : aide à la rééducation de la marche, parole, motricité.

Parkinson : aide à la marche, prévention des chutes.

Alzheimer : stimulation de l'éveil, des facultés de mémorisation résiduelle, réduction de l'agressivité, lien social.

Douleurs aiguës ou chroniques (fibromyalgie, cancers, soins palliatifs) : effet apaisant et relaxant.

Hypertension artérielle, anxiété, dépression : réduction du stress.

Pathologies mentales : amélioration des liens sociaux.

NEUROLOGIE

Le grand frisson

Quel est le point commun à la musique, la nourriture et les drogues ? La récompense, c'est-à-dire la libération de dopamine par le cerveau, à l'origine d'un véritable « frisson » de plaisir. La preuve avec des travaux d'imagerie cérébrale conduits en 2011 par l'équipe de Robert Zatorre, de l'université MacGill à Montréal (Canada). Depuis, ces chercheurs ont également démontré le rôle essentiel de la mémoire dans cette sensation de frisson musical. *« Son intensité est en effet d'autant plus forte que la première écoute a été positive »*, explique Hervé Platel, neuropsychologue à l'université de Caen Normandie. Toutefois, pour 3 à 5 % de la population, il ne se produira jamais, et ce en raison d'un manque de connectivité entre différentes régions cérébrales. On parle alors d'anhédonie musicale, une incapacité à ressentir la moindre émotion à l'écoute d'une mélodie.

▲ **Chez les très jeunes enfants,** la musique favoriserait le développement des réseaux cérébraux.

GEMMA FERRANDO/PLAINPICTURE

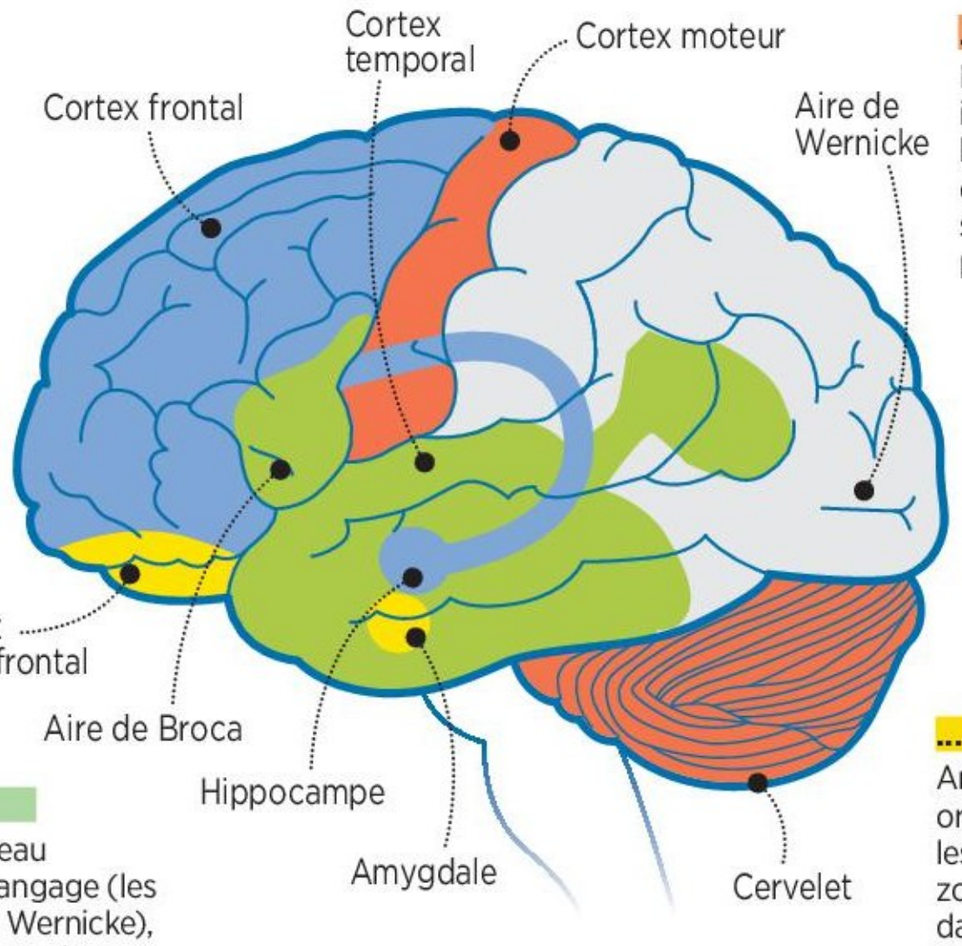
morceaux choisis comme Musi-Care *(lire l'encadré p. 60)*, utilisée dans de nombreux hôpitaux en France.

Un outil qui peut être utilisé pour apaiser ou stimuler

« *La musique a tout son intérêt dans la dimension du soin et plus largement du bien-être*, plaide le Dr Gérard Mick, neurologue au centre hospitalier de Voiron (Isère) et neurobiologiste à l'université Claude-Bernard de Lyon. *Mais, au-delà de l'hôpital, il faudrait aussi l'intégrer au domicile des patients.* » Exemple avec une thèse de médecine originale, celle de la Dr Laetitia Henneton. La jeune femme a mené une étude pendant un an au domicile de 18 patients atteints de la maladie d'Alzheimer pour évaluer l'efficacité de l'écoute musicale au quotidien. En tenant compte des goûts et préférences de chacun, un CD personnalisé a été remis aux aidants. Libre à eux ensuite de l'utiliser lors des situations de crises, face à une agitation, une anxiété, un moment d'agressivité ou une opposition lors de la toilette ou de l'habillage. Ses conclusions montrent une efficacité globale d'environ 70 %, la musique ayant permis, selon les cas, de moduler l'état émotionnel des patients, de faire émerger des souvenirs, de les apaiser ou au contraire de les stimuler pour les faire sortir de leur apathie. « *La musique est un outil qui possède cette capacité très rare d'être utilisable sous deux facettes : relaxation ou stimulation* », précise Hervé Platel.

Les mécanismes par lesquels la musique agit sur notre cerveau sont de mieux en mieux connus *(voir l'infographie p. 60)*. Jusqu'au milieu des années 1990, les scientifiques estimaient que la mélo-

Comment la musique stimule le cerveau : elle agit sur...



... LA MÉMOIRE
L'écoute d'un air familier stimule différentes zones de la mémoire comme l'hippocampe et des aires corticales, ce qui peut faire resurgir des souvenirs enfouis.

... LA MOTRICITÉ
Difficile de rester immobile car le cervelet et le cortex moteurs sont stimulés par l'écoute.

... LE LANGAGE
Des régions du cerveau impliquées dans le langage (les aires de Broca et de Wernicke), sont activées, ainsi que des zones du cortex temporal.

... LES ÉMOTIONS
Amygdale et cortex orbitofrontal, les deux principales zones impliquées dans le traitement des émotions, sont mobilisés.

BRUNO BOURGEOIS

die activait une zone particulière — sorte de centre musical du cerveau, en parallèle à celui du langage. Depuis, ils ont établi que l'activation des aires auditives entraîne la mobilisation de nombreuses autres régions cérébrales : les aires motrices ou associatives visuelles, celles de la mémoire ou encore des émotions. « *Finalement, lorsque nous écoutons de la musique, notre cerveau est totalement engagé* », résume le spécialiste. Une « symphonie neuronale » pour reprendre les termes du Pr Emmanuel Bigand, professeur de psychologie cognitive et responsable du Laboratoire d'étude de l'apprentissage et du développement à l'université de Bourgogne, à Dijon (Côte-d'Or). La connexion entre ces différentes zones est associée à la sécrétion de dopamine, le neurotransmetteur dit de la récompense et du plaisir, et aussi d'endorphines, des neuromédiateurs aux propriétés analgésiques et euphorisantes. « *Voilà pourquoi la musique adoucit les mœurs... mais aussi les douleurs,* note Gérard Mick. *Nombreux sont les travaux qui ont montré que cet effet antalgique est aussi lié à sa propriété "distractive", grâce au déplacement de l'attention.* »

Sans oublier un effet relaxant « *qui, par le biais du système nerveux dit autonome — sympathique et parasympathique — et le nerf vague permet le ralentissement de la respiration, du rythme cardiaque et une baisse de la tension artérielle* », précise le Dr François Silhol, cardiologue à Marseille (Bouches-du-Rhône) qui a participé à la rédaction des recommandations de la Société française d'hypertension artérielle, destinées aux médecins pour la prise en charge de leurs patients hypertendus. Si la musique n'y figure pas encore, ce mélomane confirmé conseille à ses patients d'écouter régulière-

TRAITEMENT NON MÉDICAMENTEUX

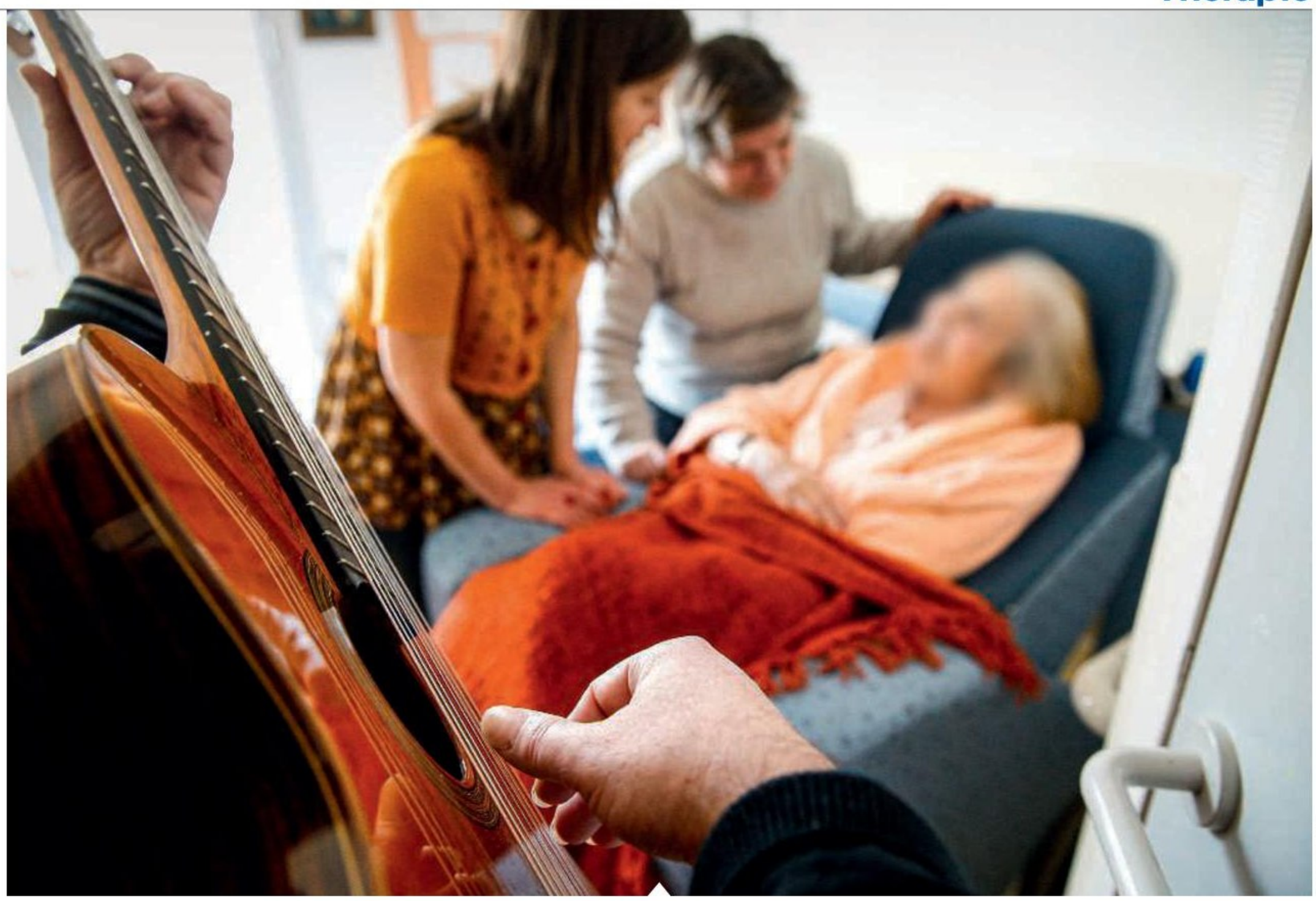
Une application dédiée pour les soins à l'hôpital

Écouter au casque des musiques de son choix grâce à une application dédiée... cette « intervention non médicamenteuse » est utilisée par environ 1000 services hospitaliers en France. « *En vingt ans, nous avons publié de très nombreuses études qui ont démontré son intérêt surtout relaxant et apaisant,* précise Stéphane Guétin, le concepteur de MusiCare. *Nous avons constaté une réduction d'environ 50 % de la consommation de médicaments (anxiolytiques, antidépresseurs).* »
La séance (de 20 à 60 minutes) suit une courbe en trois phases dite en U.

MUSIC CARE

MusiCare permet de réduire la consommation d'anxiolytiques et d'antidépresseurs.

D'abord, une phase d'« induction », selon un tempo stimulant joué par un nombre élevé d'instruments pour synchroniser l'activité cérébrale du patient avec la musique. Puis, le tempo se ralentit afin d'entrer progressivement dans la seconde phase dite de relaxation où l'état de conscience est proche de l'hypnose. Suit la phase d'éveil. Réservé au milieu hospitalier, ce traitement numérique (d'un coût de 10 € par mois environ modulable selon les cas) peut être dispensé à partir d'un ordinateur, une tablette ou encore une télévision.



GODONG/BSIP

De nombreux services hospitaliers font appel à des musiciens pour améliorer le bien-être de leurs patients (ici à l'hôpital Sainte-Périne, à Paris)

ment des morceaux qu'ils apprécient, au calme, sans rien faire d'autre que profiter du moment. *« Il faut oublier l'idée selon laquelle la musique ne serait qu'une occupation et accepter enfin la démarche qui consiste à cibler les interventions et à les évaluer »*, insiste Hervé Platel.

Les sons aident à « réparer » le cerveau

C'est d'ailleurs cette attitude fondée sur la rigueur scientifique qui a permis de démontrer que *« la musique contribue aussi à "réparer" le cerveau »*, détaille Gérard Mick. Quelques exemples récents. Le premier concerne des travaux menés en Suisse auprès de grands prématurés, parfois nés 3 à 4 mois avant terme et qui passent de longues semaines dans des salles de soins intensifs où l'ambiance sonore agressive est loin de celle, plus feutrée, perçue *in utero*. Pour savoir si ces bruits ont un lien avec le risque plus élevé de troubles neuropsychologiques constaté chez ces enfants nés avant terme, les chercheurs les ont répartis en deux groupes, l'un écoutant une musique spécialement écrite pour eux (cloches, flûte indienne...), l'autre pas, un troisième groupe contrôle réunissant des enfants nés à terme et n'ayant pas bénéficié de la stimulation sonore. *« Nous avons démontré avec l'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) que les sons renforçaient le développement des réseaux cérébraux. Il nous reste à établir s'ils limitent ou non les retards neurodéveloppementaux »*, précise la Dr Petra Hüppi, médecin-cheffe du Service de développement et croissance des Hôpitaux universitaires de Genève (Suisse), qui a dirigé ces travaux publiés en juin 2019 dans la revue de l'académie nationale de sciences américaine, *PNAS*. Ces données sont en cours de confirmation par des tests cliniques sur des prématurés ayant bénéficié du dispositif et aujourd'hui âgés de 6 ans. *« Nos analyses semblent retrouver chez eux une meilleure capacité à réguler les émotions »*, précise Petra Hüppi. Une autre étude, nommée Lacmé, a été menée par la Dr Isabelle Rouch, neurologue au CHU de Saint-Étienne (Loire). Ici, il s'agissait de comparer l'influence de deux types d'activités — chant ou peinture — sur des douleurs chroniques (arthrose, lombalgies) dont souffraient des patients atteints de la maladie d'Alzheimer. *« La musique a réduit d'environ 30 % les douleurs et ses effets ont persisté plus longtemps »*, détaille la spécialiste. Alors, musique, matin, midi et soir pour tous ? Une proposition qui n'aurait pas déplu au philosophe et compositeur allemand Friedrich Nietzsche, pour qui *« sans la musique la vie serait une erreur »*. ■

POUR EN SAVOIR PLUS

Livres

La musique vous veut du bien, David Christoffel, PUF

Le Cerveau musicien, Hervé Platel et Bernard Lechevallier, De Boeck

La Symphonie neuronale, Emmanuel Bigand et Barbara Tillmann, Humen Sciences.

Associations de musiciens intervenant à l'hôpital

- **www.livemusicnow.fr**
- **brutpop.blogspot.com**
- **www.associationartefact.fr**
- **www.musique-sante.org**

L'asperge droite dans ses bottes

Riche en minéraux, en vitamine B et en antioxydants, ce légume peu calorique issu de bourgeons souterrains est doté de nombreuses qualités nutritionnelles.

VERTE, VIOLETTE, BLANCHE OU SAUVAGE... D'avril à juin, l'asperge ravit les papilles. Les Français en consomment ainsi en moyenne une botte de 600 g par an et par foyer (1). Mais cette plante de la famille des *Asparagaceae* était déjà appréciée des Grecs et des Romains pour son goût délicat. Sa culture apparaît en France au XVe siècle, où elle est nommée le « légume royal » ou « l'ivoire à manger ». Prisées par Madame de Pompadour, favorite de Louis XV, pour sa réputation d'aphrodisiaque, ses pointes sont appelées « pointes d'amour ». Aujourd'hui 70 % de la production mondiale provient de Chine (7,4 millions de tonnes), la France en récoltant près de 20000 tonnes par an, dont 90 % de blanches. Longtemps produit de luxe, l'asperge est aujourd'hui beaucoup plus abordable. Peu calorique, elle possède de nombreuses qualités nutritionnelles. Autant de raisons de ne pas s'en priver.

1,8 g

de fibres sont apportés par 100 g d'asperges blanches ou violettes cuites à l'eau ; 1,5 g/100 g pour les asperges en conserve.

(SOURCE : TABLE CIQUAL, ANSES.)

Divers modes de culture

Les pousses comestibles proviennent de rhizomes d'où partent des bourgeons souterrains (turions) donnant naissance à des tiges s'élevant entre 1 et 1,5 mètre. La couleur de l'asperge varie en fait selon sa durée d'exposition au soleil. La blanche pousse dans le sol et est récoltée avant d'être sortie de terre. La violette est récoltée lorsque la pointe sort de terre. Quant à la verte, elle se développe à l'air libre, exposée

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

CAROTÉNOÏDES Pigments liposolubles naturellement produits par les végétaux. On compte le bêta-carotène, précurseur de la vitamine A, le lycopène, la lutéine, la zéaxanthine et l'astaxanthine.

PRÉBIOTIQUES Glucides complexes (poly et oligosaccharides) qui ne sont pas digérés par le haut du tube digestif, mais fermentés dans sa partie terminale. Ils servent de substrat aux bactéries bénéfiques (bifidobactéries, lactobacilles) présentes dans le côlon.

FRUCTOSES-OLIGOSACCHARIDES Appelées également oligofructoses ou FOS, ces substances sont composées de deux sucres, le glucose et le fructose. Non assimilables par l'organisme, elles sont digérées par le microbiote intestinal.

à la lumière. Vendues en bottes, les asperges se choisissent les écailles de la tête serrées, signe de fraîcheur. Ce légume fragile doit être consommé deux jours après l'achat maximum. Il se conserve tête en haut dans un torchon, dans le bac à légumes du réfrigérateur.

Elle recèle très peu de pesticides

C'est l'un des légumes qui présente les taux les plus bas de résidus de pesticides, selon une enquête élaborée à partir de données de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) : seuls 3,2 % des échantillons en contenaient (2).

Elle est riche en acide folique

Les asperges se classent parmi les aliments fournissant le plus de vitamine B9, essentielle à la production du matériel génétique (ADN, ARN) et des acides aminés. L'acide folique joue un rôle important dans la formation des globules rouges, et la prévention du risque de malformations du système nerveux chez le fœtus. 100 g d'asperges cuites (cinq belles pièces) en fournissent 142 microgrammes (µg) soit 35 % des besoins journaliers durant la grossesse. Les asperges sont riches en vitamine K (65,3 µg/100 g pour des besoins quotidiens de 45 µg par jour), indispensable à la croissance et au renouvellement du tissu osseux ainsi qu'à la coagulation sanguine. Il faut les consommer avec modération si on suit un traitement anticoagulant.

Elle est diurétique

Composée d'eau à plus de 90 %, l'asperge est riche en potassium (198 mg/100 g) et pauvre en sodium (8,5 mg/100 g), ce qui stimule l'élimination rénale. Elle contient du calcium (20 mg/100 g), du magnésium (6,31 mg/100 g) et du phosphore (51,5 mg/100 g). Ces concentrations augmenteraient au fur et à mesure du processus de maturation des asperges blanches, tandis que la teneur en sodium diminuerait chez les asperges vertes. La pointe des asperges vertes et des blanches serait par ailleurs de 1,5 à 2,5 fois plus concentrée en minéraux que la base (3).

Une cuisson douce l'enrichit en antioxydants

Elle contient des caroténoïdes, principalement le bêta-carotène, ainsi que des composés phénoliques, dont les principaux sont des flavonoïdes et des acides phénoliques, ces derniers étant surtout présents dans les vertes et les violettes. Ces composés auraient des propriétés antioxydantes, réduisant les dommages provoqués par les radicaux libres dans l'organisme. La cuisson des asperges fraîches tendrait à augmenter les concentrations de composés phénoliques (4). *A contrario*, une cuisson excessive pourrait réduire leur teneur en flavonoïdes : les faire bouillir durant 60 minutes peut en diminuer le taux de 44 % (5). Mieux vaut donc les préparer dix minutes à la vapeur.

Son odeur après digestion est caractéristique

L'asperge contient de l'acide asparagusique et de la S-méthylméthionine qui confèrent à l'urine une odeur caractéristique, quelques heures après consommation. Lors de la digestion, ces composés seraient transformés en produits soufrés dont le méthyl-mercaptan (6). Des travaux ont montré qu'une partie de la population ne métabolisait pas ces précurseurs en composés odorants, tandis qu'une autre partie serait dépourvue des terminaisons olfactives permettant d'en percevoir l'odeur (7). ■

Sylvie Boistard

ALEXANDRA MURCIER Diététicienne-nutritionniste, à Paris

Ses fibres ont un effet prébiotique

« Peu calorique (20 kcal/100 g), l'asperge est riche en fibres solubles et insolubles qui favorisent le bon fonctionnement des intestins. Les pectines et la cellulose retiennent l'eau et régularisent le transit. Elles apportent plus rapidement un sentiment de satiété et limitent ainsi les grignotages. Les fibres diminuent également l'absorption intestinale des lipides, ce qui leur permet de faire diminuer la quantité de cholestérol dans le sang. En outre, les asperges contiennent des fructoses-oligosaccharides (FOS), des sucres tels que le fructane ou l'inuline. Ceux-ci ont un effet prébiotique car ils stimulent le développement des bonnes bactéries déjà présentes dans les intestins, laissant ainsi moins de place à celles potentiellement nocives. »

(1) Kantar Worldpanel.

(2) État des lieux des résidus de pesticides dans les fruits et les légumes en France, Générations futures, février 2018.

(3) Mineral content modifications during ripening of asparagus (Asparagus officinalis, L.), Lopez MA. et al., *Plant Foods Hum Nutr*, 1996.

(4) Effects of genetic, pre- and post-harvest factors on phenolic content and antioxidant capacity of white asparagus spears, Papoulias E. et al, *Int J Mol Sci.*, 2009.

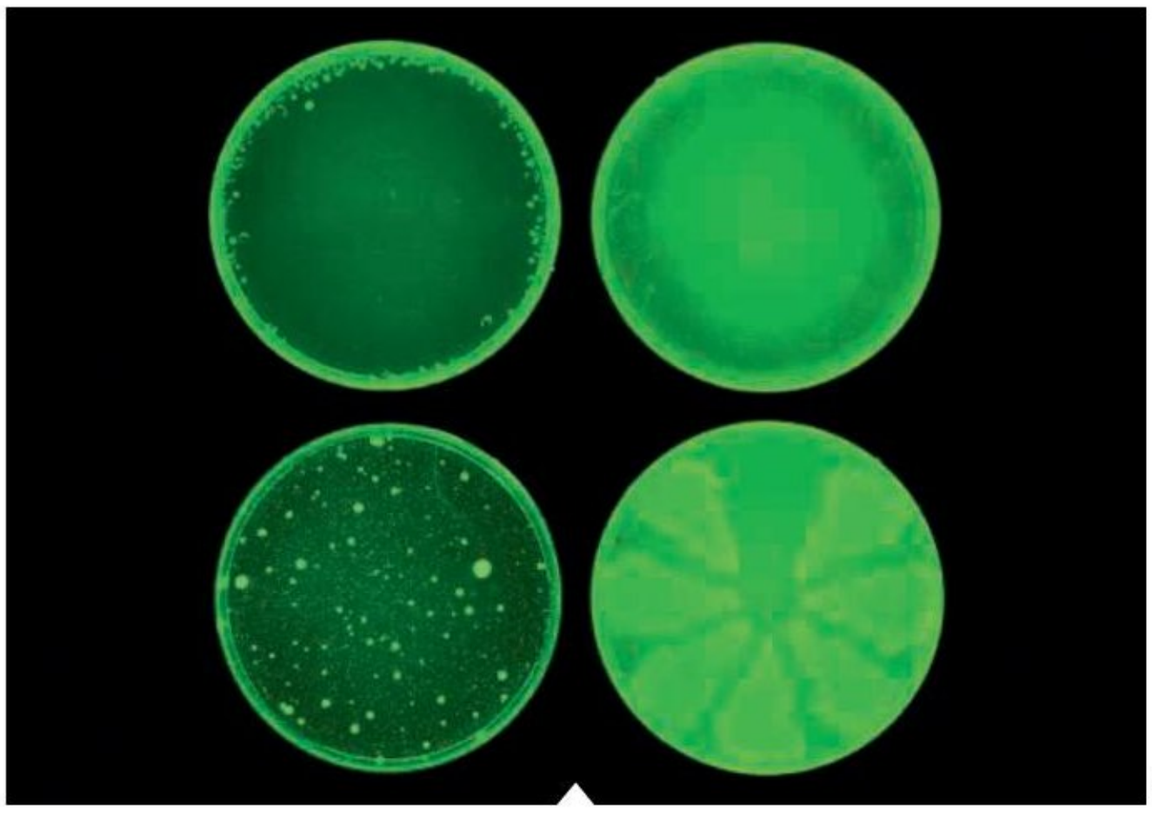
(5) Domestic processing of onion bulbs (*Allium cepa*) and asparagus spears (*Asparagus officinalis*): effect on flavonol content and antioxidant status, Makris DP. et al, *J Agric Food Chem.*, 2001.

(6) The chemical nature of the urinary odour produced by man after asparagus ingestion, Waring RH. et al, *Xenobiotica,* 1987.

(7) Excretion and perception of a characteristic odor in urine after asparagus ingestion, Pelchat M.L. et al, *Chem. Senses*, 2010.

L'IA, nouvelle alliée dans la recherche d'antibiotiques

Un algorithme a appris à reconnaître des composés antibiotiques dans des médicaments déjà connus. Un antidiabétique s'est ainsi révélé efficace contre certaines bactéries.



MIT

L'halicine (boîtes de culture en haut) n'entraîne pas de résistance bactérienne contrairement à l'antibiotique ciprofloxacine (en bas).

C'est une première. Un nouvel antibiotique a été découvert grâce à l'intelligence artificielle (IA) par une équipe du MIT (Cambridge, États-Unis). Son nom, l'« halicine », est directement inspiré de « Hal », le supercalculateur doté d'une IA embarqué dans le vaisseau spatial du film *2001, l'Odyssée de l'espace*. Au lieu de rechercher une substance d'intérêt parmi celles produites par les bactéries — selon le procédé classique —, les chercheurs américains ont fourni à un algorithme la structure de 2300 produits déjà connus afin qu'il apprenne à reconnaître des composés antibiotiques. Ils lui ont ensuite soumis 6000 médicaments en cours d'étude. Résultat : l'un d'eux, évalué pour le diabète, s'est révélé avoir également une action contre les bactéries : il paralyse ou tue un large spectre de pathogènes redoutés pour leur résistance aux antibiotiques actuels, dont *Acinetobacter baumannii*, *Clostridium difficile* et *Mycobacterium tuberculosis*, l'agent de la tuberculose.

Les scientifiques ne se sont pas arrêtés là. Après avoir criblé une base élargie de 107 millions de molécules virtuelles et non toxiques, le programme a encore identifié deux nouveaux puissants antibiotiques à large spectre. Si les essais cliniques confirment les propriétés de ces substances chez l'humain, l'intelligence artificielle, avec son procédé par apprentissage profond, pourrait devenir un nouveau moyen, rapide et peu coûteux, de relancer la quête d'antibiotiques inédits. ■ **Pierre Kaldy**

▸ UNE PÉNURIE D'ANTIBIOTIQUES PRÉOCCUPANTE

« Jamais la menace de la résistance aux antibiotiques n'a été plus immédiate et le besoin de solutions plus urgent », a lancé en janvier le Dr Tedros Adhanom Ghebreyesus, Directeur général de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Un nouvel avertissement sur le manque d'investissements.

▸ LA CHARGE CROISSANTE DES INFECTIONS MULTIRÉSISTANTES

En 2016, elles représentaient en France 12 % des hospitalisations pour infections. En 2015, elles ont provoqué environ 5500 décès. Le surcoût pour les hôpitaux est de 290 millions par an.

▸ AUTRES PISTES

Parmi les recherches en cours : modifier une toxine antibactérienne du staphylocoque doré pour créer un nouvel antibiotique à large spectre. On la doit à l'équipe de Brice Felden (Inserm/université de Rennes). Non toxique chez la souris, ce dernier ne semble pas induire de résistance.

INTERVIEW

OLIVIER BARRAUD

LABORATOIRE DE BACTÉRIOLOGIE-VIROLOGIE-HYGIÈNE, CHU DE LIMOGES

UN AXE PROMETTEUR

« L'intelligence artificielle est un axe prometteur qui, même s'il ne nous dispensera pas des approches classiques, va ouvrir un pan de la recherche jusqu'alors peu exploré. Des essais cliniques devront néanmoins démontrer l'innocuité et l'efficacité des molécules trouvées. L'halicine a l'avantage d'être active sur les bactéries à "Gram négatif", qui constituent aujourd'hui la problématique majeure en matière de multirésistance aux antibiotiques, voire d'impasse thérapeutique. Cette nouvelle molécule semble très prometteuse. D'autres antibiotiques sont actuellement en phase d'essais cliniques ou précliniques mais la plupart sont des dérivés de molécules déjà existantes ou bien des associations de molécules. »

PHANIE

Une analyse de sang pourrait permettre de diagnostiquer une tumeur dès les premiers stades.

Un test prometteur pour détecter de nombreux cancers

En analysant l'ADN circulant dans le sang, des chercheurs américains repèrent les cellules tumorales grâce à leur « profil épigénétique » anormal.

De l'avis de nombreux médecins, il manque dans l'arsenal contre le cancer un outil permettant de détecter les tumeurs dès les premiers stades de leur développement. Un espoir vient de voir le jour avec un test sanguin mis au point par une équipe dirigée par Michael Seiden, de l'entreprise US Oncology (États-Unis). Capable de détecter plus de 50 types de cancers, il permet de déterminer dans quels tissus la tumeur est apparue.

Le test s'appuie sur le fait que toutes les cellules relarguent dans le sang un peu de leur ADN. Ici, un algorithme trie « l'ADN circulant » issu de cellules saines de celui émis par les cellules cancéreuses en analysant leur profil épigénétique : toutes les molécules d'ADN ont à leur surface des petites étiquettes chimiques de méthylation qui contrôlent l'expression des gènes. Toutefois, les étiquettes d'une cellule cancéreuse comportent des messages totalement aberrants, signe qu'elle est en quelque sorte devenue « folle » et que sa prolifération a échappé à tout contrôle. Le test sanguin est capable de repérer ces profils de méthylation anormaux et ainsi de détecter la présence d'un cancer. Une idée ancienne qui débouche enfin sur un test.

« *C'est très prometteur*, s'enthousiasme Fabrice André, directeur de recherche à l'Institut Gustave-Roussy de Villejuif (Val-de-Marne) et rédacteur en chef de la revue *Annals of Oncology*, où a été publiée cette étude. *Mais, encore va-t-il falloir évaluer l'utilité clinique de ce test. Il n'a pas la même efficacité pour tous les cancers.* »

Testé sur 15 000 participants dans 142 cliniques en Amérique du Nord, le dispositif détecte 93 % de certaines tumeurs au stade final. Mais il plafonne encore à 18 % pour d'autres en phase précoce. L'une des principales raisons étant que la quantité d'ADN circulant varie énormément d'un cancer à un autre. « *Je pense qu'il fera néanmoins une grosse différence pour certains types, comme ceux du pancréas ou du poumon, détectés souvent trop tard et mortels dans quasi tous les cas* », espère le chercheur.

Le procédé pourrait ne pas être universel

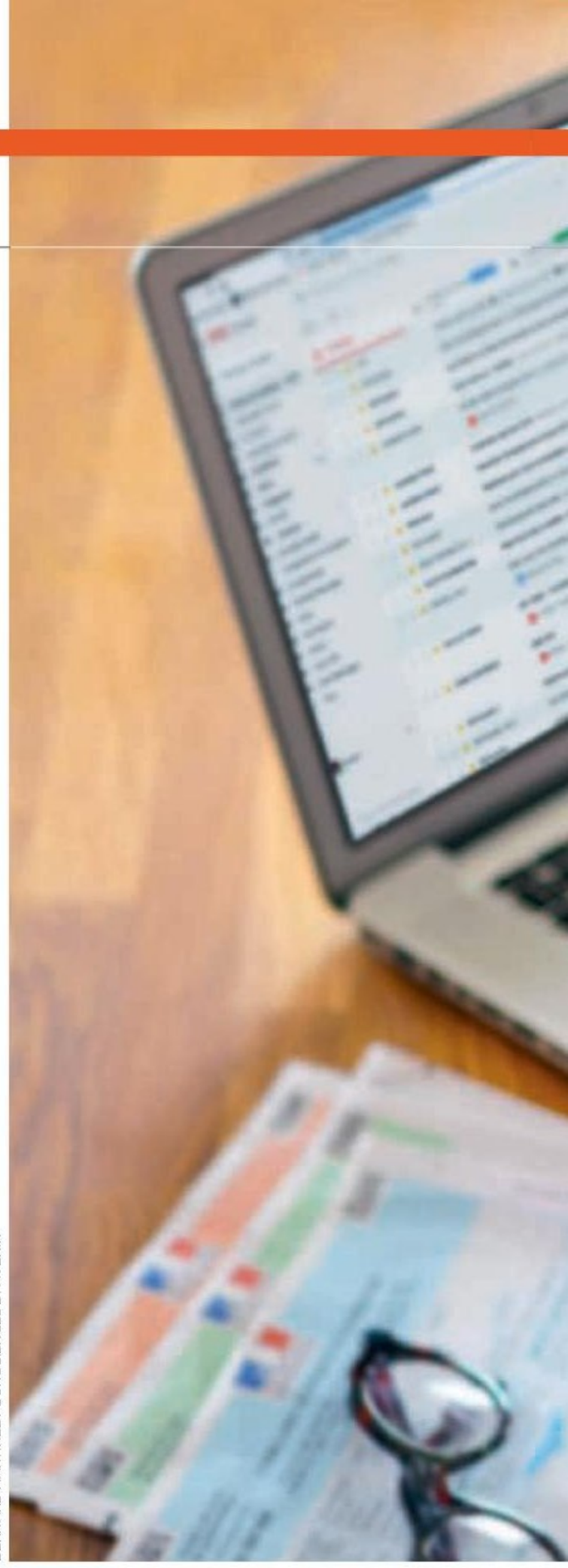
Néanmoins, les profils épigénétiques variant d'un pays à un autre, en fonction de la génétique et des habitudes de vie, il n'est pas certain que ce test soit universel. « *Il fonctionnera peut-être aux États-Unis et en Europe, mais pas forcément en Asie ni en Afrique.* »

Et le chercheur de pointer alors un autre problème spécifique à la détection précoce : « *Diagnostiquer un cancer très tôt pose un problème pour les pays ne disposant pas d'appareillages de pointe. En effet, soigner par la chirurgie ou des traitements locaux de très petites tumeurs à un stade précoce revient paradoxalement beaucoup plus cher que de soigner de grosses tumeurs. Indépendamment du coût de ce test, tous les pays n'auront pas la capacité d'en bénéficier.* » ■ **Hervé Ratel**

L'atout confiance de l'identité numérique

Prouver son identité sur Internet quel que soit le service officiel en ligne : la France pose les premières pierres de ce système complexe, déjà déployé dans certains pays d'Europe. Un défi pour la sécurité

Par Arnaud Devillard @A_Devila



BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

FIN JANVIER 2020, comme tous les ans, le Forum international de la cybersécurité se tenait au Grand Palais, à Lille (Nord). Mais cette année, l'événement était précédé d'ID Forum, une journée consacrée à un aspect bien précis : l'identité numérique. Ce terme — appelé à entrer dans le vocabulaire de chaque citoyen — recouvre un ensemble de services et de technologies permettant à un internaute de s'authentifier en ligne sur les centaines de sites officiels avec un identifiant (*login*) et un mot de passe uniques. Un système présenté comme un gage de simplicité, à ne pas confondre avec la carte d'identité électronique qui doit être généralisée en France en 2021. À l'automne 2019, l'Assemblée nationale a mis sur pied une mission d'information parlementaire sur le sujet, avec ouverture d'une consultation publique en mars dernier. Celle-ci devait se clore courant avril mais la pandémie de Covid-19 et le confinement des Français ont laissé le processus en suspens. Pourtant le sujet — très sensible — soulève de multiples inquiétudes.

85 %
le taux de pénétration du système NemID au Danemark. (Source : cabinet de conseil norvégien Arkwright Consulting, avril 2019.)

2 millions
d'utilisateurs italiens de SPID en mars 2018.

15 millions
d'utilisateurs de FranceConnect en avril 2020.

Prendre Facebook et Google de vitesse

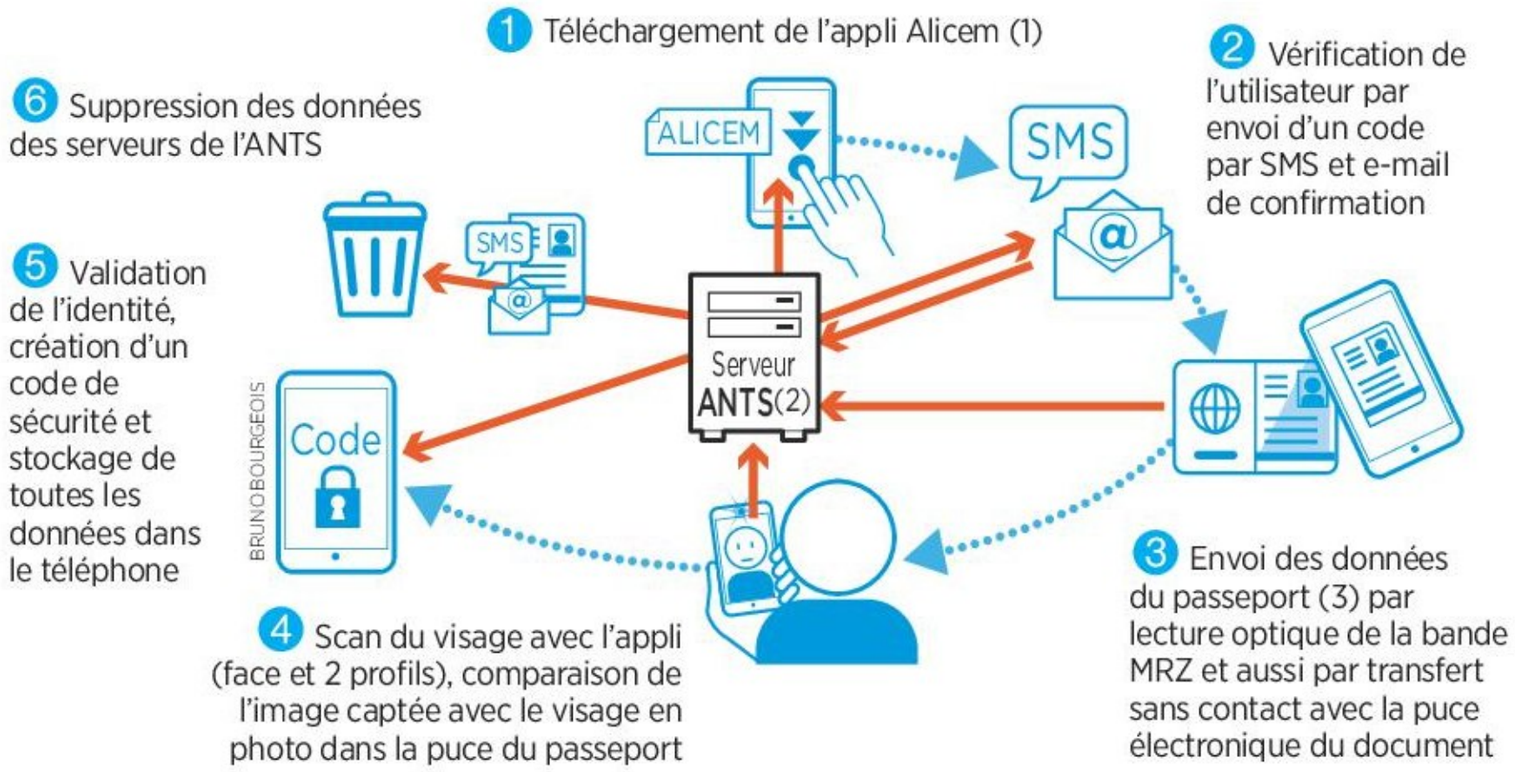
Quelques initiatives passées, comme IDNum en 2011, n'ont jamais décollé. « *Ces expériences ont été lancées de manière trop confidentielle, sans être accompagnées d'un écosystème adéquat* », estime Christine Hennion, députée des Hauts-de-Seine (LREM), rapporteure de la mission parlementaire. Or, pour les promoteurs du dispositif, l'enjeu est crucial : éviter que des géants américains comme Facebook ou Google n'imposent leurs solutions, à leurs conditions, sans que les autorités nationales aient à y redire. Et le danger se rapproche : Facebook a déjà esquissé un projet associé à sa cryptomonnaie, le Libra. « *C'est un enjeu de souveraineté, de sécurité et de facilité* », assure la députée. En France, l'application mobile Alicem est ainsi le dernier mécanisme en date pour développer cette identification numérique. Proposée par l'Agence nationale des titres sécurisés (ANTS) et le ministère de l'Intérieur, elle a été autorisée par un décret du 16 mai 2019 et doit permettre à chaque citoyen de se connecter aux 700 sites administratifs (impôts, assurance-maladie, retraites, collectivités locales...) qui utilisent déjà l'outil FranceConnect. Entré en vigueur en 2016, ce dernier, issu de la direction interministérielle du numérique, n'est pas à proprement parler un système d'identification : chaque utilisa-

teur garde des codes d'accès différents pour chaque site mais, une fois connecté à l'un d'eux, il peut naviguer de l'un à l'autre sans avoir à montrer à nouveau patte blanche *(lire l'encadré p. 68)*. Alicem devrait aller plus loin en réduisant le risque d'usurpation d'identité. Son entrée en vigueur était prévue à l'automne 2019, mais face à un début de polémique, son déploiement a été retardé. L'application est toujours en cours d'évaluation par l'Agence nationale de sécurité des systèmes d'information (Anssi).

Sur le papier, son fonctionnement est simple : pour créer un compte, l'utilisateur ouvre l'application et lui présente la zone de lecture optique de son passeport

Les 6 étapes pour créer un compte Alicem

(Identité numérique sécurisée par l'État)



(1) Uniquement valable avec un smartphone Android (version 5 ou supérieure) et doté de la fonction NFC (sans contact), (2) Agence nationale des titres sécurisés (3) Ou du titre de séjour.

SERVICES PUBLICS

FranceConnect, un premier pas vers l'identité numérique

Le projet FranceConnect remonte à 2015. Il permet aux citoyens de se connecter aux services en ligne avec l'identifiant de leur choix. Il s'appuie sur des comptes vérifiés parmi des « fournisseurs d'identité » publics et privés : les impôts, la Poste et l'Assurance maladie ont été les trois premiers. Cela signifie qu'une personne peut se connecter à un autre site, appelé « fournisseur de service », comme la Poste, avec ses identifiants d'Impots.gouv.fr ou Ameli.fr par exemple.

FranceConnect vérifie néanmoins auprès de l'Insee que les informations sont toujours valables, puis transmet aux fournisseurs de service uniquement celles qui leur sont nécessaires. « *Les utilisateurs ne sont pas identifiés de la même façon sur tous les sites* » note Lionel Fouillen, responsable des relations partenaires à FranceConnect. Pour signer une pétition sur le site du Sénat, par exemple, aucune information d'identité n'est transmise.

Un code technique calculé en temps réel suffit. « *Parmi les premiers fournisseurs de service, il y avait la consultation des points de permis de conduire ; service qui permet grâce à FranceConnect, de connaître son nombre de points sans échanges de courriers ni déplacement à un guichet.* » Fin 2020, les Français auront accès à la CAF, à Pôle emploi ou au Cesu et en 2021, au dossier médical partagé. Prochaine étape : l'interopérabilité entre identités numériques européennes.

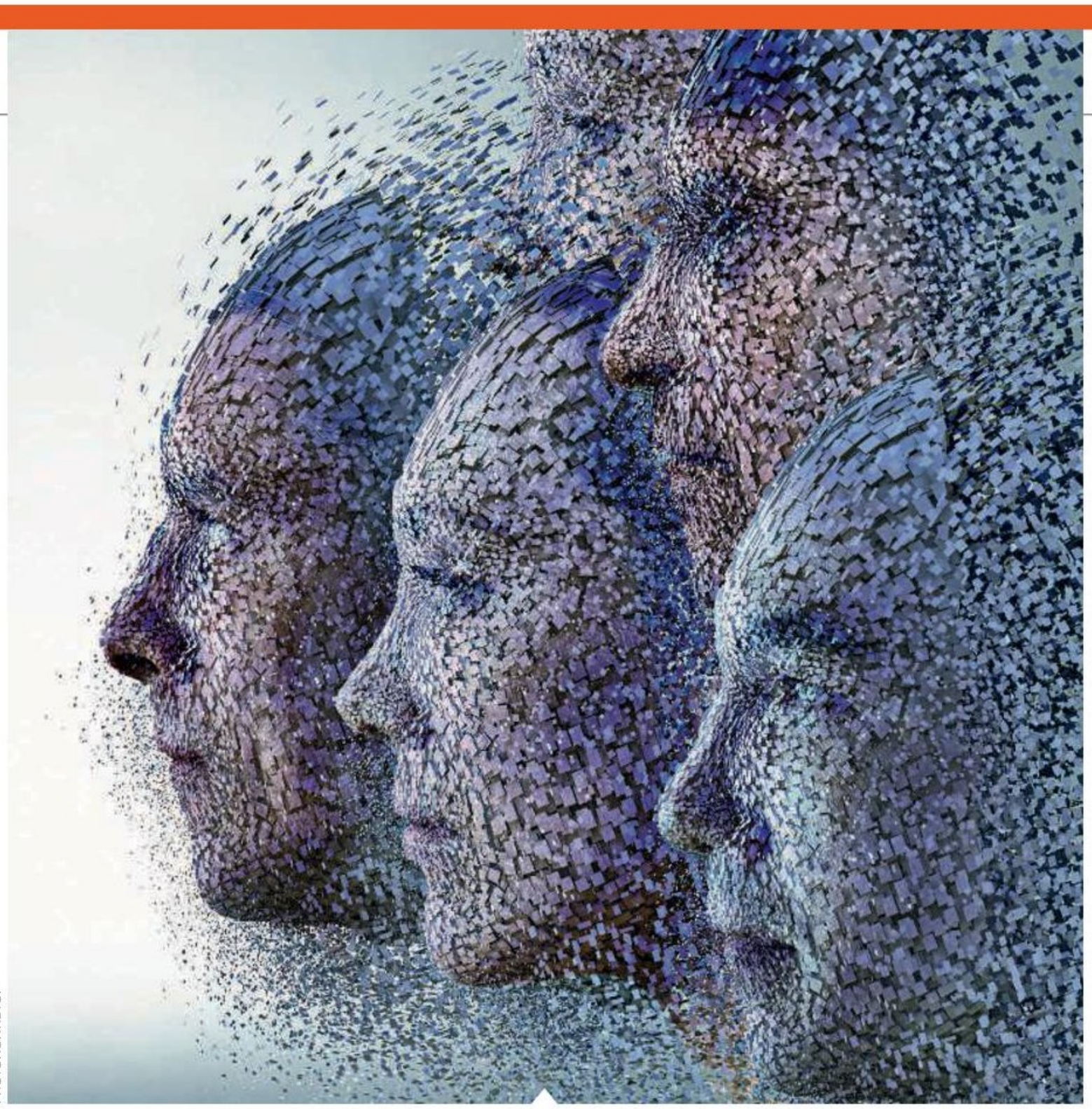
FRANCECONNECT

▶ ou de son titre de séjour. Il pose ensuite son téléphone sur la puce du document. Une liaison sans fil NFC transfère les données dans le smartphone, ce qui permet à l'administré de prouver son identité à Alicem par l'association d'un document officiel, d'un e-mail, d'un numéro de téléphone et du téléphone lui-même *(voir l'infographie p. 67)*. Vient l'étape de la reconnaissance faciale : l'utilisateur doit se photographier avec son téléphone selon différents angles, afin d'empêcher un usurpateur de présenter une simple photo du titulaire. Toutes ces données sont envoyées sur les serveurs centraux d'Alicem et l'ANTS vérifie l'identité du demandeur et que le document présenté n'a été déclaré ni perdu ni volé. Une image fixe est extraite de la vidéo de reconnaissance faciale et comparée à la photo d'identité du document. Si tout est en règle, l'agence crée l'identité numérique constituée d'un code à six chiffres permettant d'accéder à tous les sites concernés. Les données restent stockées et chiffrées sur le téléphone et sont effacées des serveurs dès la vérification terminée.

Pas d'alternative à la reconnaissance faciale

C'est la reconnaissance faciale et l'envoi des données — même temporaire — sur des serveurs centraux qui ont soulevé des inquiétudes. « *C'est pourtant la condition pour que la sécurité de l'application puisse être garantie, puisque l'on sait où s'effectuent les calculs et le chiffrage*, a justifié un porte-parole d'Alicem lors de l'ID Forum. *Tout pourrait se faire localement sur le téléphone, mais n'ayant pas la maîtrise de l'appareil, nous ne savons pas s'il est bien sécurisé.* » Une incertitude qui ne permettrait pas à l'application Alicem de garantir un niveau de sécurité « substantiel » ou « élevé » au regard des critères européens *(lire l'encadré p. 69)*. Il n'empêche, consultée pour avis, la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil) a tiqué. Elle reproche à Alicem de ne pas proposer d'alternative à la reconnaissance faciale comme un rendez-vous en face à face avec un fonctionnaire ou une identification par visioconférence. « *La Cnil n'a donc pas remis en question Alicem sur le plan technique et ses critiques ne concernent pas la reconnaissance faciale en elle-même* », tempère Claude Castelluccia, chercheur spécialiste des données privées, à Inria.

Pourtant, il est tout à fait possible de se passer de reconnaissance faciale sans compromettre le niveau de sécurité. Ainsi, la Poste, qui propose un système d'identité numérique depuis 2019, a obtenu un label de sécurité de niveau



PHOTONONSTOP

Le recours à la reconnaissance faciale est l'un des points qui attise les critiques sur le projet Alicem.

substantiel de la part de l'Anssi en février. Ce système a été développé en interne selon une logique similaire à celle d'Alicem, sauf que l'usager est invité à prendre rendez-vous avec son facteur ou dans un bureau de poste. L'agent vérifie alors la pièce d'identité présentée et s'assure que l'utilisateur a bien reçu sur son téléphone un code spécifique. Après validation, un e-mail est envoyé avec un lien de téléchargement d'une application d'identité numérique qui délivre un code secret à six chiffres. « *Cette procédure permet de vérifier l'existence qu'une personne physique existe bien derrière l'identité donnée, qu'elle peut prouver cette identité et que le smartphone par lequel passera l'identité numérique lui appartient* », résume Candice Daugé, directrice du programme identité numérique de la Poste. Ce système donne accès à des versions dématérialisées des services de lettre recommandée ou de réexpédition. Il fonctionne également avec FranceConnect et les sites de l'administration.

La France est loin d'être le seul pays engagé dans de tels projets. « *Elle serait même plutôt en retard*, estime Christine Hennion. *Les expériences des uns et des autres sont plus ou moins heureuses, mais il en ressort la nécessité de concilier système sécurisé et simplicité d'accès.* » Comme souvent en matière de numérique, l'Estonie fait référence. Après l'indépendance en 1991, le pays a en effet voulu s'affranchir d'une administration lourde et a dématérialisé 99 % des services publics, adossés à une carte d'identité électronique. Le piratage du système en 2016 a poussé les autorités à développer une solution alternative : une application mobile d'identité numérique, valable pour l'e-administration comme pour les services bancaires en ligne.

Quand les services publics emboîtent le pas aux banques

En Suède, Norvège, Danemark et Finlande, ce sont les banques qui ont lancé le mouvement dans les années 2010 en se chargeant directement de la vérification des données et des preuves apportées par les clients. Depuis, les services publics ont adopté cette identité numérique. L'État italien, lui, a créé SPID (Sistema Pubblico per la gestione dell'Identità Digitale) en mars 2016 qui donne accès aux sites officiels. Outre le smartphone et l'équivalent de la carte Vitale, le processus inclut une reconnaissance physique par l'entremise, au choix, d'un rendez-vous en face à face, d'un échange par webcam ou d'une lecture de la puce de la carte d'identité électronique. Reste à déterminer à quel point tous ces mécanismes sont solides. En avril 2013, le système danois NemID a subi une attaque par déni de service qui a rendu inaccessibles les services bancaires en ligne. Preuve qu'en matière de sécurité, rien n'est jamais acquis. ■

RÈGLEMENT EUROPÉEN

Trois niveaux de sécurité

Depuis 2014, le règlement européen eIDAS (Electronic Identification, Authentication and Trust Services) définit trois niveaux de garantie de sécurité informatique pour les identités numériques :

▸ **FAIBLE** La confiance sur l'identité de la personne est garantie essentiellement par un identifiant et une adresse e-mail.

▸ **SUBSTANTIEL** Le risque d'usurpation d'identité est « substantiellement » réduit. La personne doit prouver son identité et qu'elle est bien titulaire de l'adresse e-mail donnée.

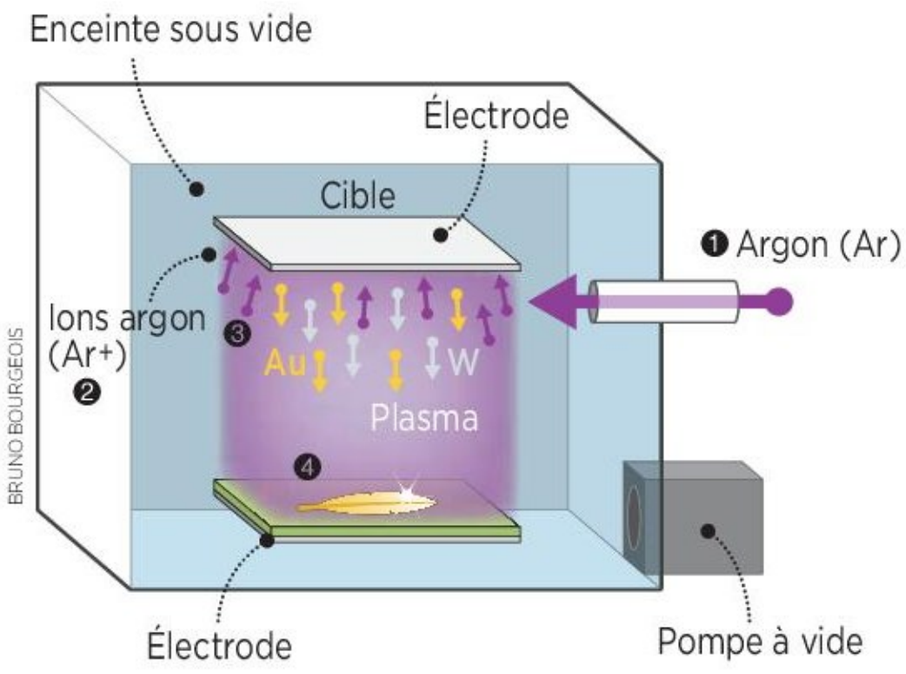
▸ **ÉLEVÉ** Le système permet de prouver l'identité de la personne et l'identifiant personnel peut être combiné au nom de l'organisation que représente la personne.

L'INNOVATION À LA FRANÇAISE

L'or le plus blanc du monde

La start-up Daumet a mis au point l'alliage permettant d'obtenir un or immaculé ne virant jamais au gris. Une technologie au service de la dorure de luxe.

Le luxe. Voilà bien un terme qui ne fait pas partie du vocabulaire habituel de la recherche scientifique en France. Pourtant, c'est bien dans l'unité mixte de physique, associant le CNRS et Thales sur le campus de Saclay (Essonne), qu'a été créé l'or le plus blanc du monde. Une innovation brevetée par le CNRS qui a conduit à la création de la start-up Daumet, désormais unique spécialiste au monde de la dorure avec tout type d'or, sur n'importe quel support, pour répondre aux besoins des grandes maisons de luxe. La demande est telle que l'entreprise quitte désormais son laboratoire d'origine pour développer ses capacités de production et passer du sur-mesure à l'échelle semi-industrielle.



Le procédé de pulvérisation cathodique. L'argon est injecté dans l'enceinte sous vide ❶. Il est ensuite ionisé par la forte tension entre les deux électrodes et forme un plasma violet ❷. Les ions argon bombardent la cible et arrachent des atomes d'or et de tungstène pour former une sorte de vapeur de ces deux éléments ❸. Cette vapeur se condense sur la plume sous forme d'un alliage d'or (Au) et de tungstène (W) ❹.

De la spintronique à la joaillerie

Cette histoire d'or commence fin 2011 grâce à une idée d'Albert Fert. L'équipe du prix Nobel de physique (2007) travaille alors sur le développement de matériaux destinés à la spintronique. Cette nouvelle électronique exploite non seulement la charge de l'électron, mais aussi son « spin ». De manière très schématique, le spin est une propriété quantique de la particule, qui se manifeste par un champ magnétique pouvant être orienté dans seulement deux directions opposées. Ces deux états, assimilables aux fameux bits 0 et 1, seraient un moyen très prometteur de coder et stocker plus d'informations dans des mémoires du futur. Les recherches d'Albert Fert sont considérées comme fondatrices de cette électronique de spin sur laquelle beaucoup de physiciens dans le monde travaillent aujourd'hui. Son équipe cherche alors un matériau qui fonctionnerait comme une sorte d'aiguillage capable de séparer les deux types d'électrons.

FICHE D'IDENTITÉ

L'entreprise
- **Daumet :** siège à Paris.
- **P-DG :** Cyrile Deranlot
- **Création :** 2016.
- **Technologie :** procédé de dorure breveté par le CNRS.

Chiffres
- **3 :** le nombre d'employés.
- **85 000 euros :** le chiffre d'affaires (CA) de 2019.
- **400 000 euros :** la prévision du CA 2020.

L'idée est simple : les électrons — donc le courant — traversent le matériau et sont orientés dans deux directions différentes en fonction de leur spin. Le premier matériau testé est un alliage de cuivre et de bismuth, mais les résultats sont décevants : l'alliage ne parvient à trier que 12 % des électrons, ce que les physiciens nomment un « effet Hall de spin » de 0,12. Or la valeur théorique recherchée est de 0,5 pour séparer le courant en deux flux de spins purs. Albert Fert reprend alors ses calculs et finit par suggérer à Cyrile Deranlot, un ingénieur du laboratoire, de tester un alliage à base d'or et de tungstène. Ces deux métaux ayant des températures de fusion très différentes, l'alliage ne peut pas être réalisé en les fondant mais uniquement selon le procédé de pulvérisation cathodique qui permet d'obtenir de fines couches de ce mélange en vaporisant les deux éléments (*voir l'infographie*). Et les premiers tests montrent une amélioration de l'effet Hall de spin à 0,15. Mais quelque chose surprend l'ingénieur lorsqu'il sort de la machine les échantillons présentant 75 % d'or et 25 % de tungstène. Cet or 18 carats (*lire l'encadré p. 72*) lui semble... d'une

PHOTOS OLIVIER HERTEL POUR SCIENCES ET AVENIR

La technique (ci-dessus) permet d'obtenir de très fines couches d'alliage pour revêtir n'importe quel support, bois, métal ou même des plumes (ci-contre). La couleur de l'or varie selon le métal qui lui est associé.

blancheur exceptionnelle ! « *La teinte étant mesurée par référentiels de couleur, j'ai compris que j'avais entre les mains l'or le plus blanc du monde* », se souvient Cyrile Deranlot. Il pressent très vite que cet alliage précieux peut être valorisé. Il sort aussitôt de son laboratoire et va interroger des bijoutiers qui lui font tous la même réponse : « *Il nous faut un or blanc massif.* » Et pour cause ! cela fait des siècles que les métallurgistes tentent d'obtenir ce graal en mélangeant le très convoité métal à du palladium ou du nickel... sans succès : l'alliage ressort toujours gris. Pour parer à cela, bijoutiers et joailliers utilisent donc depuis toujours un or recouvert d'un placage d'un autre métal, le rhodium, qui permet d'obtenir des pièces parfaitement blanches. Problème : le rhodium ne résiste pas dans le temps et finit par disparaître. Résultat : le bijou redevient gris et exige un nouveau placage. Avec un or blanc massif, fini le rhodium et son renouvellement !

L'improbable moutarde « métallurgique »

L'alliage n'est alors obtenu qu'en couches minces. S'il peut s'appliquer en placage, il ne permet pas de fabriquer des bijoux massifs. « *J'ai donc créé la société Daumet en 2016, avec en tête de faire de la recherche et développement pour obtenir un or blanc massif avec cet alliage d'or et de tungstène* », explique Cyrile Deranlot, rejoint depuis par Albert Fert au comité

« Nous poursuivons nos recherches pour trouver un or blanc massif »

Cyrile Deranlot, ingénieur, P-DG de Daumet

scientifique. L'ingénieur revient alors à la technique de la fusion pour trouver un moyen de mélanger ces deux métaux, ce qui est *a priori* impossible à réaliser. Un peu comme l'huile et le vinaigre qui, grâce à une pointe de moutarde, finissent par former une vinaigrette. Partie à la recherche de sa « moutarde » métallurgique, la société Daumet est très vite repérée par LVMH qui l'intègre dans son accélérateur La Maison des startups LVMH, au sein de Station F à Paris. Et la demande du groupe de luxe français est tout autre : trouver une technologie de placage d'or sur tout support, notamment pour la personnalisation des produits de ses différentes marques.

Des applications en haute horlogerie

« *Nous nous sommes alors recentrés sur l'ennoblissement de matière comme le cuir, le métal, le bois, la céramique, etc. Avec toutes sortes d'ors : blanc, jaune, rose…* », explique Cyrile Deranlot. Daumet est ainsi parvenue à personnaliser des sacs en cuir avec de l'or 18 ou 24 carats ou encore, à dorer des plumes qui ont servi à la confection d'une robe haute couture. La technologie pourrait aussi intéresser la haute horlogerie, notamment pour le placage de pièces de mécanismes des montres. La start-up est même en mesure de plaquer n'importe quel dessin, sur de la vaisselle d'exception par exemple. La technologie est en effet issue de la microélectronique, apte à réaliser des motifs très fins.

Mais l'enjeu est surtout de réaliser une économie d'or substantielle. Le placage réalisé par Daumet exige beaucoup moins de matière première que les bains d'or habituellement utilisés. « *D'après nos calculs, cela représente une économie de 100 tonnes d'or par an* », explique Cyrile Deranlot. Cent tonnes qu'il ne faut pas extraire, c'est aussi des millions de tonnes de déchets qui ne sont pas produits et en particulier une réduction de la pollution au mercure et au cyanure émis lors des opérations d'extraction. « *Cette activité de placage pour les maisons de luxe commence à générer du chiffre d'affaires qui nous permet de développer la société et à terme de reprendre la recherche sur l'or blanc massif* », poursuit le spécialiste. Ainsi, en 2019 Daumet a réalisé une cinquantaine de pièces pour un chiffre d'affaires de 85 000 euros. Mais les commandes pour cette année oscillent déjà entre un et plusieurs milliers de pièces pour un chiffre d'affaires d'au moins 400 000 euros. Un début d'industrialisation pour une nouvelle ruée vers l'or. ■

Olivier Hertel
@OlivierHertel

Les lingots d'or détenus par les banques centrales dans le monde ont une pureté en or supérieure à 99 % (ici une fonderie de l'entreprise russe Krastsvetmet).

ILYA NAYMUSHIN/ REUTERS

CLASSIFICATION

Le carat, une mesure de précision

Le caratage est le terme désigné pour évaluer le niveau de pureté d'un métal comme l'or. Ainsi, 24 carats qualifient un or pur. Mais celui-ci est mou, donc inutilisable en bijouterie. Il faut le mélanger à un autre métal (cuivre, argent, nickel, palladium) pour le durcir. On obtient alors un alliage avec une quantité d'or plus ou moins élevée. Par exemple, de l'or 18 carats est constitué de 18/24 d'or, soit 75 % et 6/24 d'un autre métal, soit 25 %. L'élément ajouté à l'or a aussi une influence sur la couleur de l'alliage. Par exemple, l'or rose est un mélange d'or (75 %), de cuivre (20 %) et d'argent (5 %). Si la proportion d'argent augmente, l'alliage tend vers le jaune. Si c'est celle du cuivre, il tend vers le rose.

L'enjeu est aussi de réaliser une économie d'or substantielle. Ce procédé de placage utilise en effet beaucoup moins de matière première

La faillite de la constellation OneWeb

Ses partenaires européens comme Airbus sont aussi touchés. La dette envers Arianespace s'élève à 238 millions de dollars.

Ce projet visait à fournir à tous un accès à l'Internet à haut débit

La société du milliardaire américain Greg Wyler misait sur au moins 648 satellites placés en orbite basse. Mais le 27 mars, l'entreprise a demandé à être placée sous la protection du chapitre XI de la loi américaine sur les faillites, faute de liquidités. Ses dirigeants désignant pour responsable la pandémie de Covid-19 qui crée de véritables trous d'air sur les marchés.

1,7 milliard de dollars de dettes accumulées

Malgré plusieurs mois de tours de table, Greg Wyler n'a pas réussi à trouver de nouveaux investisseurs. Aussi, lorsqu'il a essuyé une fin de non-recevoir de son principal actionnaire, la banque japonaise Softbank, a-t-il préféré se placer en procédure de sauvegarde, ce qui pourrait lui accorder au moins quatre mois de répit pour vendre tout ou partie de l'entreprise.

Des répercussions sur ses partenaires européens

Airbus et Arianespace sont les principaux créanciers de OneWeb. Le premier a inauguré en juillet 2019 une unité pionnière de production robotisée en Floride, capable d'assembler deux satellites par jour. Le second était chargé de 21 lancements sur les fusées Ariane, Vega et Soyouz. Quant au nouveau lanceur européen Ariane 6, qui devrait être mis en service à la fin de cette année, il était censé emporter un lot de satellites pour son vol inaugural. Les dettes de OneWeb à l'égard d'Arianespace s'élèvent à 238 millions de dollars.

74 satellites sont déjà en orbite

Le dernier lot de 34 satellites a été lancé depuis Baïkonour (Kazakhstan) le 21 mars. Le réseau dispose aussi de stations de réception du signal au sol et les premiers tests de connexion haut débit ont été concluants. Ces satellites pourraient être utilisés pour le marché de la connectivité mobile ou l'Internet des objets.

Des repreneurs potentiels

Cela pourrait ainsi intéresser l'européen Eutelsat, troisième opérateur mondial de satellites de télécoms pour compléter sa flotte de 60 satellites avec un réseau en orbite basse. Jeff Bezos, le P-DG d'Amazon, pourrait, lui, viser les fréquences attribuées à OneWeb pour Kuiper, son propre projet de constellation de plus de 3200 satellites.

SpaceX principal bénéficiaire ?

La constellation Starlink dispose déjà de 300 satellites en orbite pour fournir l'Internet à haut débit au nord des États-Unis et au Canada dès cette année. La société d'Elon Musk dispose de ses propres capacités de lancement, ce qui lui permet d'abaisser les coûts de mise en orbite. Le milliardaire américain a multiplié ces derniers mois les déclarations et les manœuvres afin d'écraser la concurrence et attirer à lui les investissements. La chute de OneWeb, son seul concurrent jusque-là, tombe à pic. ■

Sylvie Rouat @srouat1

▲ **648 satellites devaient** être déployés en orbite à 1200 km d'altitude, formant un maillage tout autour du globe (vue d'artiste).

ONEWEB

La propulsion à hydrogène pour traverser les océans

Ce concept de yacht de luxe électrique fonctionnerait avec quatre piles à combustible et un ingénieux système de récupération de chaleur.

LES DEUX MOTEURS ÉLECTRIQUES de 1 MW de puissance chacun, alimentés par les piles à combustible, entraînent la double hélice.

MEHDI BENYEZZAR POUR SCIENCES ET AVENIR

VOICI CE À QUOI devrait ressembler le premier yacht à hydrogène. Long de 112 mètres, l'Aqua, qui n'est encore qu'un concept, a été imaginé par la société de design néerlandaise Sinot et le bureau d'architecture navale Lateral basé à Southampton (Royaume-Uni). Une fausse rumeur avait attribué en février dernier sa commande au fondateur de Microsoft, l'Américain Bill Gates. Pour sa propulsion, ce navire n'utilise pas la moindre goutte de gazole et ne rejette que de l'eau. Il est en effet équipé de quatre piles à combustible alimentées par de l'hydrogène liquéfié. Dans chaque pile, l'hydrogène se combine à l'oxygène de l'air pour produire l'électricité nécessaire à l'alimentation des moteurs et de tous les équipements électriques.

L'Aqua est optimisé pour réduire sa consommation d'énergie. Par exemple, la chaleur issue des piles à combustible est récupérée pour produire chauffage et eau chaude. Quant à la coque, elle est très allongée par rapport à son volume pour réduire la traînée dans l'eau de 30 % par rapport à une architecture classique pour un yacht de ce tonnage.

S'il est produit un jour, il restera à alimenter le navire par de l'hydrogène « vert » et non issu de dérivés pétroliers afin qu'il tienne ses promesses de protection environnementale. ■

Olivier Hertel @OlivierHertel

DEUX PROPULSEURS D'ÉTRAVE, d'une puissance de 300 kW chacun, assurent les mouvements latéraux de l'avant, en particulier lors des manœuvres au port.

LES BATTERIES LI-ION, d'une capacité de 1,5 MWh, permettent de délivrer instantanément du courant pour répondre aux commandes du navire.

LES 28 TONNES D'HYDROGÈNE LIQUÉFIÉ à -253 °C stockées sous vide doivent permettre de traverser l'océan Atlantique.

LES PILES À COMBUSTIBLE développent une puissance totale de 4 MW.

UN DOUBLE SYSTÈME DE PROPULSEURS Voith Schneider se substitue au gouvernail. Les pales en rotation verticale tournant sur leur propre axe assurent une excellente manœuvrabilité.

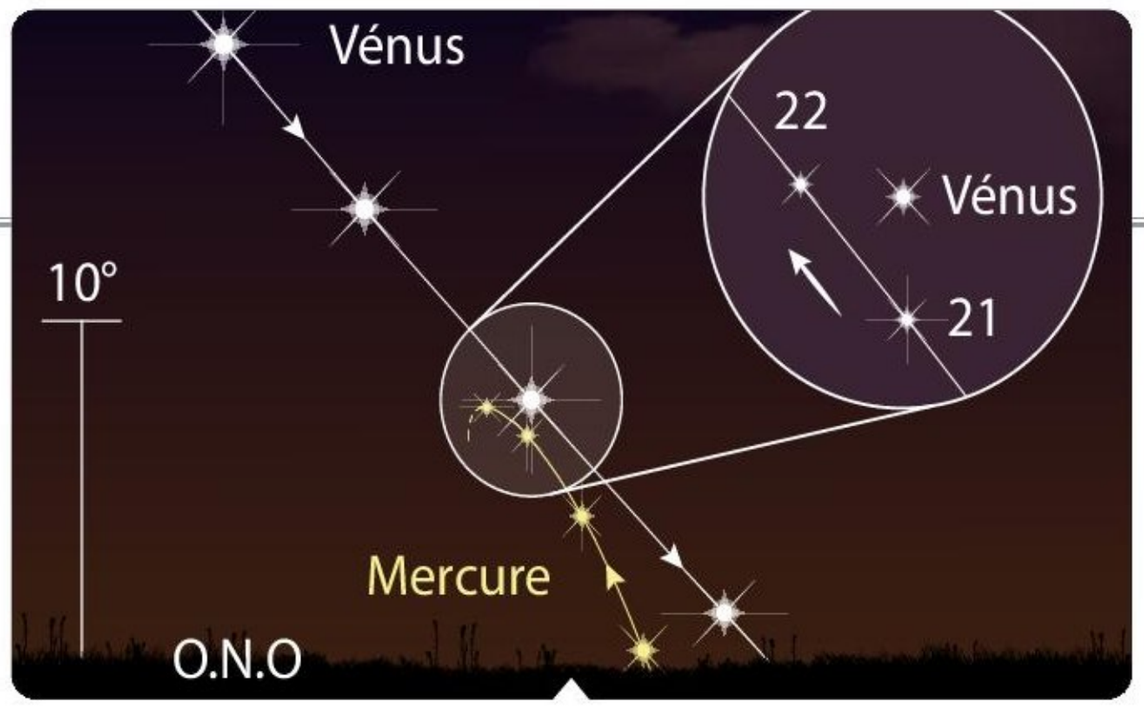
LA DOUBLE HÉLICE contra-rotative améliore le rendement propulsif. La vitesse de croisière est de 10 à 12 nœuds (environ 20 km/h).

Où sont les planètes ?

MERCURE La petite planète passe en conjonction supérieure avec notre étoile le 4. Elle devient observable en soirée durant les deux dernières semaines de mai, basse vers le couchant. Elle passera sous l'horizon près de 2 h après le Soleil en toute fin de mois.

VÉNUS L'étoile du Berger est encore bien visible en soirée en début de mois. Toutefois, la composition de son mouvement et de celui de la Terre autour du Soleil la fait se précipiter, dans notre ciel, vers l'astre du jour. Le 1er, Vénus se couchera ainsi 3 h 40 min après notre étoile mais moins d'une demi-heure après elle 30 jours plus tard !

MARS La planète Rouge se lève en seconde partie de nuit et ne devient correctement observable vers le sud-est que lorsque se manifestent les premières lueurs de l'aube. Point orangé dont l'éclat commence à rivaliser avec celui des étoiles les plus brillantes, Mars quitte le Capricorne pour le Verseau le 9.



La scène est figurée 1 h après le coucher du Soleil. La position de Vénus est donnée les 10, 15, 20 et 25 mai ; celle de Mercure, les 15, 20, 25 et 30 mai. Centré sur Vénus, le zoom montre le champ d'une paire de jumelles et dévoile Mercure les 21 et 22.

Vénus en perte d'éclat

APRÈS UNE PÉRIODE DE PLUSIEURS MOIS où elle se trouvait dans d'excellentes conditions d'observation en soirée, Vénus nous tire sa révérence en plongeant vers le couchant. En attendant son retour dans le ciel du matin à la fin du mois prochain, l'étoile du Berger nous sera d'une grande aide pour localiser la planète Mercure, souvent délicate à observer sous nos latitudes. Les soirs du 21 et 22, les deux astres ne seront séparés que par un peu plus de 1°.

Notre conseil Assurez-vous d'avoir un horizon ouest-nord-ouest bien dégagé et repérez l'étincelante Vénus à partir du 20. Mercure ne saurait être loin ! Vous pourrez alors suivre son déplacement et la diminution de son éclat pendant quelques jours.

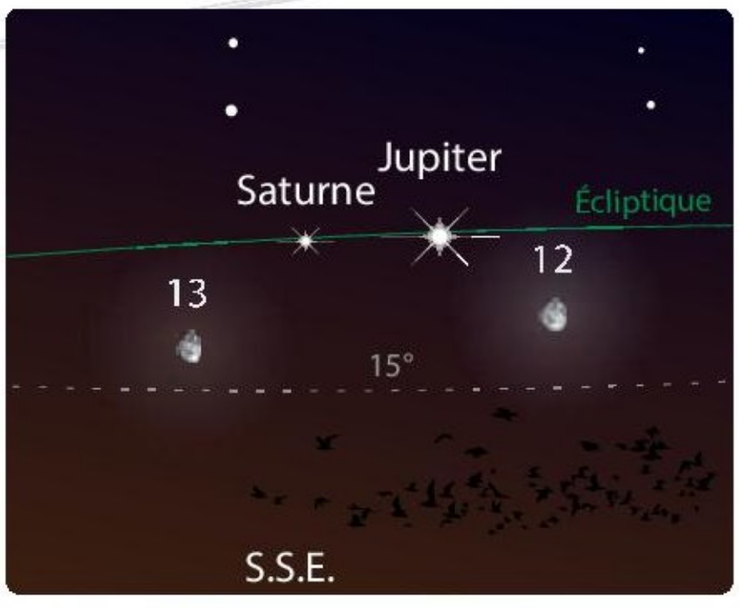
JUPITER Située dans le Sagittaire, la plus grosse des planètes se présente sous la forme d'un point très brillant, bas sur l'horizon, visible en seconde partie de nuit vers le sud-est et en fin de nuit vers le sud.

SATURNE

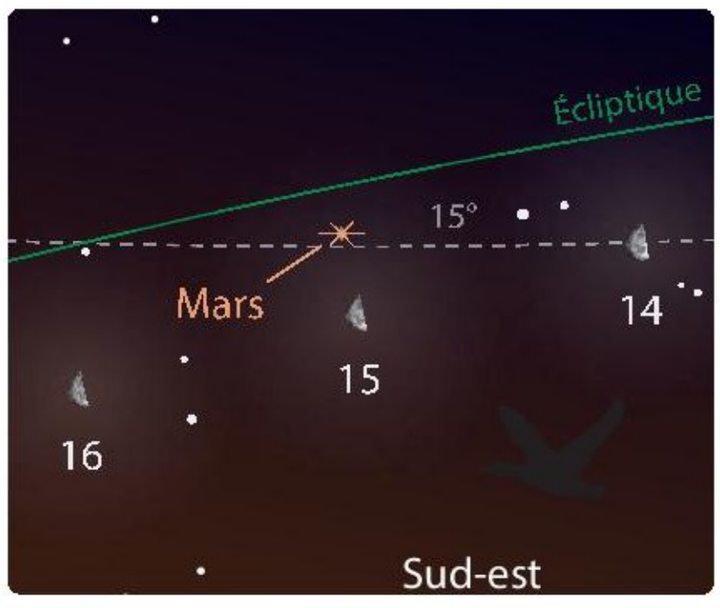
Proche en direction de Jupiter mais moins brillante qu'elle, la planète aux anneaux se trouve dans les mêmes conditions d'observation que sa cousine géante.

L'appli du mois

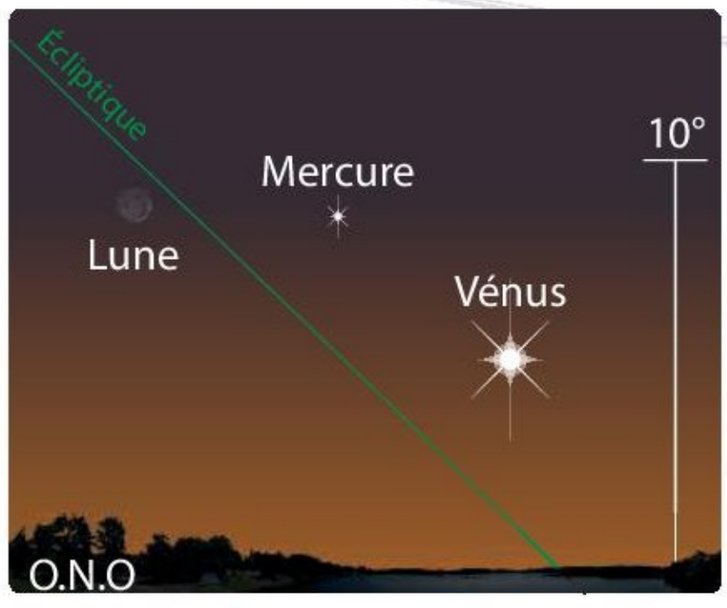
STAR ROVER est une application payante sous iOS (2,29 €) et Android (2,09 €). Grâce à la réalité augmentée, elle transforme votre téléphone ou votre tablette en planétarium et vous aide à localiser les étoiles, constellations et planètes. Vous pouvez également la configurer pour afficher le ciel à l'instant de votre choix.



NOUS SOMMES 1 H AVANT LE LEVER DU SOLEIL. Le 12, la Lune en phase gibbeuse se trouvera à 5° de Jupiter et le 13, à 6° de Saturne. Notez la différence d'éclat entre les deux planètes.

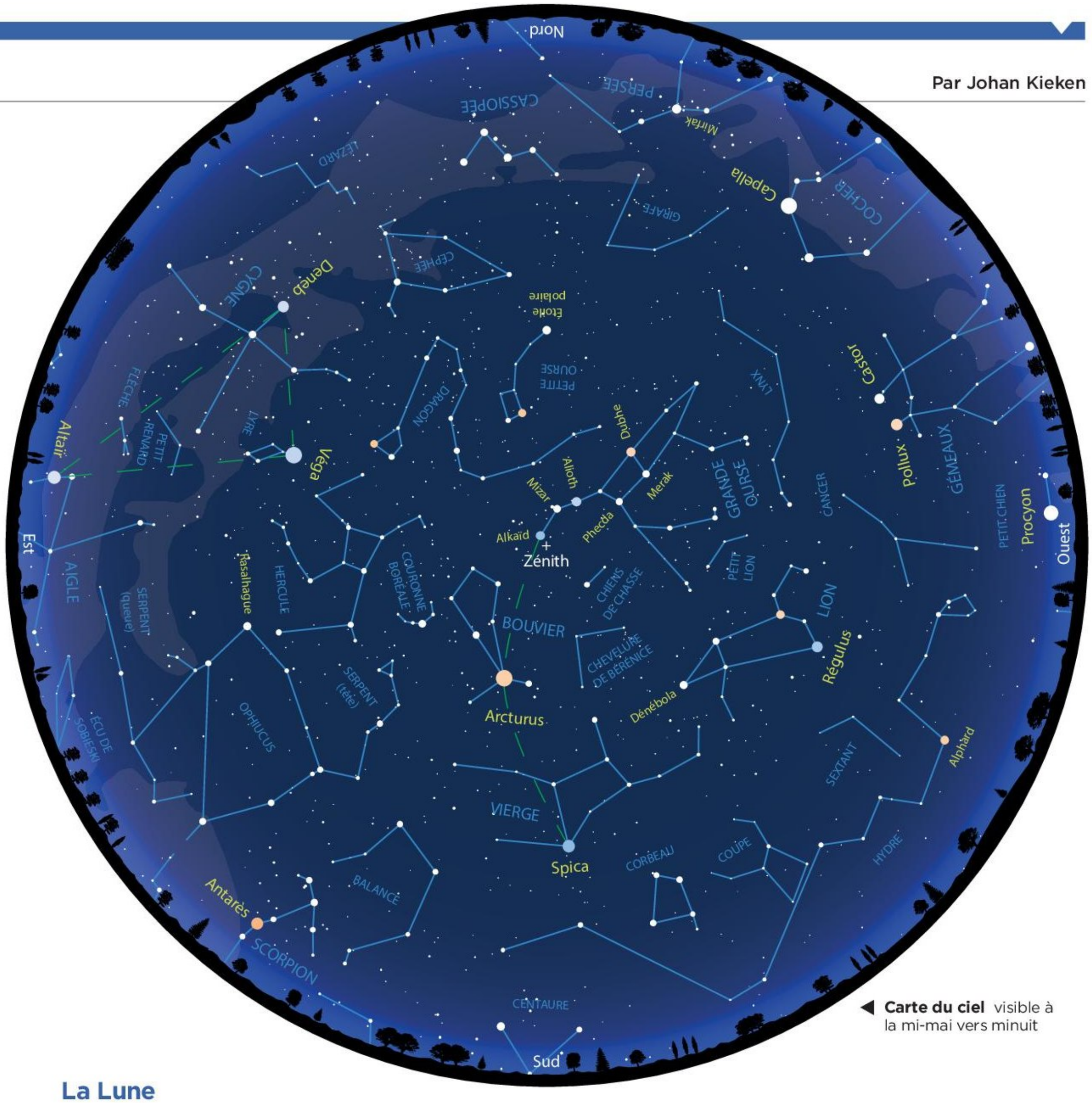


LE 15, LE DERNIER QUARTIER DE LUNE sera à moins de 4° de Mars. Un bon moyen pour repérer cette planète sans ambiguïté ! La scène est représentée 1 h avant le lever du Soleil.



LE SOIR DU 24, 45 MINUTES APRÈS LE COUCHER DU SOLEIL, admirez le joli rapprochement entre la Lune et les planètes Vénus et Mercure. Un horizon bien dégagé s'impose !

Par Johan Kieken



◀ **Carte du ciel** visible à la mi-mai vers minuit

La Lune

Pleine Lune : jeudi 7 à 13 h (La Lune se trouve alors dans la constellation de la Balance)

Dernier quartier : jeudi 14 à 16 h (Capricorne)

Nouvelle Lune : vendredi 22 à 20 h (Taureau)

Premier quartier : samedi 30 à 5 h (Lion)

Le Soleil

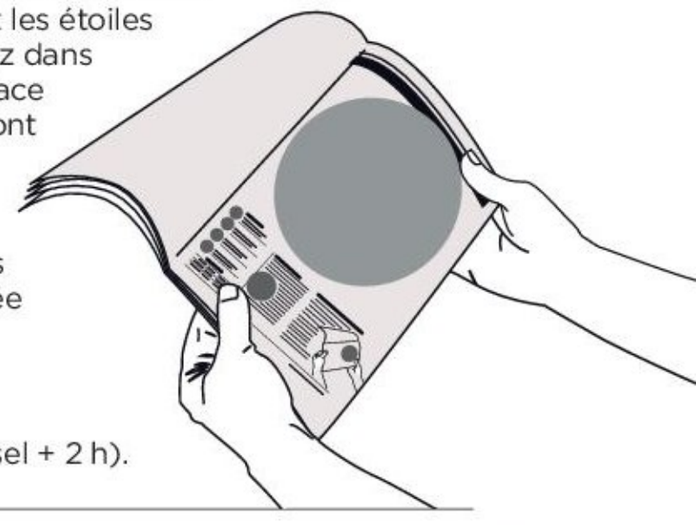
(à Paris)	Lever	Coucher
1er mai	6h30	21h07
31 mai	5h52	21h45

D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 47° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 40 à 54° de latitude nord. Si vous êtes au nord du 47e parallèle, l'étoile Polaire sera plus haute dans votre ciel et plus basse dans le cas contraire.

Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



Les heures sont données en heure légale française (temps universel + 2 h).

EXPOSITIONS VIRTUELLES

Si tous les musées sont fermés pendant le confinement et jusqu'à nouvel ordre, cette période est l'occasion de découvrir virtuellement les collections de différentes institutions, en France ou ailleurs. **Voici une sélection des sites Internet les plus ambitieux.**

Pompéi dans son salon

L'inauguration prévue le 25 mars repoussée, une partie de la grande exposition du Grand Palais, à Paris, a été mise en ligne : des vidéos sur les fouilles, des extraits du catalogue, et, surtout, le parcours de l'exposition en audioguide (42 min).

sciav.fr/879Pompei

L'archéologie en France

Le musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye (Yvelines) propose des parcours sur les « grands sites archéologiques » en France comme au Proche-Orient.

sciav.fr/879archeologie

Les podcasts des CCSTI

Au Quai des savoirs (Toulouse) comme à l'Espace des sciences (Rennes), la fermeture des expositions et l'annulation des événements sont l'occasion de mettre un coup de projecteur sur leur offre multimédia respective, en particulier celle de podcasts dédiés à la culture scientifique.

sciav.fr/879quaidessciences
sciav.fr/879espacesciences

Apprenez l'économie

Ouverte il y a moins d'un an, la Cité de l'économie, à Paris, met en avant son contenu multimédia, et en premier lieu ses nombreuses ressources pédagogiques pour réapprendre les grands concepts de l'économie.

sciav.fr/879Citeco

Once Upon a Try

La plus grande collection en ligne de documents sur l'histoire des sciences et des techniques présentée sur la plate-forme Google Arts & Culture pour un voyage au cœur des inventions et des découvertes en partenariat avec plus de 100 institutions du monde entier. (Contenus en français et anglais.)

sciav.fr/879Onceuponatry

Chauvet : à l'aube de l'art

Inaugurée en 2015, la réplique de la grotte Chauvet (voir notre reportage vidéo : sciav.fr/879Chauvet), en Ardèche, a déjà accueilli plus de 2 millions de visiteurs. Pour élargir encore son public, l'établissement propose désormais une exploration virtuelle de la cavité. Depuis 2006, les peintures rupestres ont été patiemment numérisées en haute définition grâce à des techniques lasers et photogrammétriques. Pour les rendre facilement accessibles au grand public, la grotte Chauvet s'est associée à la branche de Google consacrée à l'exploration virtuelle du patrimoine : Google Arts & Culture. *« Le résultat est une liaison entre le Street Art d'il y a 36 000 ans et les nouvelles technologies »*, lance David Huguet chargé de projet à la grotte Chauvet. D'un point de vue technique, le résultat est remarquable. *« Nous avons dépêché des drones pour prendre des photos de fresques que l'on ne peut pas approcher à pied*, explique David Huguet. *Si bien que certains détails impossibles à saisir* in situ *deviennent parfaitement observables. »* Les images manipulables sous tous les angles sont accompagnées de légendes didactiques. Elles sont complétées par un film à 360° d'une dizaine de minutes, dans lequel on parcourt la grotte à la lueur d'une torche, accompagné par la voix de l'actrice Cécile de France. Une expérience que l'on peut poursuivre avec son smartphone en faisant apparaître deux parois en réalité augmentée autour de soi. Ou en explorant l'une des 21 expositions thématiques (consacrées aux dessins, à la présence des ours, à la découverte du site, etc.). Le clou du spectacle est réservé aux possesseurs d'un casque de réalité virtuelle : ils pourront télécharger une application qui leur permettra de déambuler dans toute la grotte. ■ **Mathieu Nowak**

sciav.fr/879ChauvetVR

L.GUICHARD-PERAZIO-SMERGC

Les peintures ont été numérisées en haute définition grâce aux techniques lasers et photogrammétriques.

Confluences chez moi

Au-delà de la visite virtuelle de l'exposition temporaire « Fêtes himalayennes, les derniers Kalash » clôturée en 2019, le musée des Confluences, à Lyon, propose de visionner des conférences scientifiques et une sélection hebdomadaire de contenus autour de ses collections.

www.museedesconfluences.fr/fr

Les petites découvertes

« Découvrir autrement nos objets quotidiens » : c'est ce que propose le Palais de la découverte, à Paris, avec une vidéo publiée chaque jour par une médiatrice ou un médiateur. Accessible dès 9 ans.

sciav.fr/879Decouverte

Les collections du musée des Arts et Métiers

Les quatre expositions en ligne sont aussi l'occasion de découvrir certains fonds qui ne peuvent pas être exposés de manière permanente pour des raisons de conservation.

https://sciav.fr/879Artsetmetiers

National History Museum Virtual Tour

14 expositions (dont certaines traduites en français) et 300 000 spécimens du muséum londonien sont à découvrir sur la plate-forme Google Arts & Culture.

sciav.fr/879NHM

Prendre le temps de découvrir le musée du Quai-Branly

Au-delà de la visite virtuelle du bâtiment et des collections, le musée du Quai-Branly propose de revoir les conférences, colloques, concerts et spectacles qu'il a organisés en marge de ses expositions.

sciav.fr/879Branly

Sur notre site **sciencesetavenir.fr,** la rédaction répond à des questions scientifiques posées par nos lecteurs sur notre page **Facebook.** En voici une sélection.

INFECTIOLOGIE

Peut-on attraper la maladie du cerf-zombie?

Laurence O.

Connue sous le nom de maladie débilitante chronique ou d'encéphalopathie des cervidés (MDC), cette maladie touche un nombre grandissant de cervidés sur le territoire nord-américain. Elle est due à un prion. Sans traitement connu, la maladie, qui rappelle celle de la vache folle, rend les animaux rachitiques et agressifs. Chaque année, entre 7000 et 15 000 cerfs atteints de MDC seraient abattus et consommés, alors que les prions sont présents dans les tissus musculaires. Pour Michael Osterholm, spécialiste des maladies infectieuses à l'université du Minnesota (États-Unis), *« il est probable que des cas humains associés à la consommation de viande contaminée soient relevés dans les années à venir »*. Mais aucun signalement de ce type n'a été rapporté à ce jour. ■

Marine Benoit @MarineBenoit

PHYSIQUE

Quels sont la plus petite distance et le temps le plus court?

Thibaud L.

La distance la plus petite et le temps le plus court que peut concevoir la physique actuelle sont la durée et la distance de Planck, soit 10^{-43} seconde et 10^{-35} mètre (soit la distance parcourue par la lumière pendant la durée de Planck). Elles désignent l'échelle de Planck, qui peut être présentée comme la limite de notre compréhension actuelle du réel, et qui est parfois désignée comme le « mur de Planck ». Les phénomènes qui se déroulent à moins de 10^{-43} seconde l'un de l'autre sont considérés comme simultanés. Seule une physique plus vaste intégrant la physique quantique permettra de dépasser le mur de Planck. Mais cette théorie reste à inventer. ■

Azar Khalatbari

GLOBE PHOTOS/ZUMA/REA

Les particularités du cerveau très créatif de George Lucas ont été mises en évidence par l'IRM.

NEUROLOGIE

Les génies ont-ils un cerveau différent?

Sandra G.

L'anthropologue Dean Falk, de l'université de l'État de Floride (États-Unis), a déterminé en 2013 que le cerveau d'Albert Einstein, très souvent qualifié de génie pour son quotient intellectuel (QI) remarquablement élevé (160), possédait un cortex préfrontal plus développé. La partie inférieure des cortex moteur et somato-sensoriel primaires ainsi que son corps calleux (qui effectue la jonction entre les lobes du cerveau) étaient également plus étendus que la moyenne. Cependant, un QI élevé ne fait pas le génie ! *« Le génie est une capacité à produire quelque chose de hautement original »*, explique Nancy Andreasen, neuroscientifique et psychiatre de l'université de l'Iowa (États-Unis) *(lire* S. et A. *n° 810)*. Or, ce que les techniques d'imagerie permettent d'observer, ce sont les manifestations cérébrales d'un haut potentiel de créativité, et non un QI élevé.

C'est le cas de George Lucas, réalisateur des sagas *Star Wars* et *Indiana Jones*, qui a permis en 2015 à la chercheuse de mettre en évidence grâce à l'IRM l'architecture particulière d'un cerveau hautement créatif. *« Les cortex associatifs, ces aires cérébrales qui permettent les associations d'idées, s'activent davantage »*, assure-t-elle. Des résultats confirmés par John Kounios, directeur du Creativity Research Lab et son confrère Marc Beeman, de l'université Drexel près de Philadelphie (États-Unis), qui ont montré que seules les personnes témoignant d'une créativité exceptionnelle présentent à l'IRM cette activation plus forte des cortex associatifs. ■

Héloïse Chapuis @HeloiseChapuis
et Elena Sender @ElenaSender

La chenille « Cydalima perspectalis » donne naissance à un papillon dont la femelle pond jusqu'à 1000 œufs au cours de sa vie.

LUIS CASIANO/NATURAGENCY

Pourra-t-on éradiquer la pyrale du buis ?

CONTEXTE. Les attaques de buis par cette chenille ont massivement repris en France après un hiver très doux. Elle vient même d'être détectée à 1400 mètres d'altitude dans les Alpes-Maritimes.

LA PYRALE passe, le buis trépasse. Depuis son arrivée en 2009, l'aspect des forêts et des prestigieux jardins « à la française » a changé. Les sous-bois de l'est et du sud de la France sont aujourd'hui peuplés de troncs secs, sans feuilles. Certains grands châteaux ont préféré arracher tous leurs plants, comme celui de Vaux-le-Vicomte (Seine-et-Marne). Cette chenille ravageuse, venue de Chine *via* l'Allemagne avec des buis ornementaux importés, a envahi 32 pays d'Europe en dix ans. En France, elle touche plus de 50 départements et a défolié 90 % des buis des forêts en Auvergne-Rhône-Alpes depuis 2015. De décembre à février, elle se met en pause mais les températures douces de cet hiver n'auront pas permis d'en éliminer. Depuis mars, elle revient en force et menace particulièrement la région Paca, l'Occitanie et le causse du Larzac.

Chercheurs et forestiers tentent de la combattre, en vain. « *On peut la contrôler à certains endroits mais jamais l'éradiquer* », déplore Élisabeth Tabone, responsable du Laboratoire de biocontrôle de l'Inrae (Institut national de la recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement) dans les Alpes-Maritimes. Voilà sept ans qu'elle et son équipe cherchent une solution biologique. Avertie dès 2011 par des parcs et jardins, elle travaille dans le cadre du projet SaveBuxus piloté par l'association Plante & Cité*. « *Nous avons tenté plusieurs approches*, raconte la chercheuse. *Nous avons testé des parasites pour tuer les œufs ou détruire les larves, comme les trichogrammes, ces microguêpes qui pondent dans les œufs de la pyrale. Mais nous n'en avons pas trouvé assez pour contrôler le ravageur ou pour les élever. Nous avons aussi étudié une mouche parasitoïde mais elle risquait de s'attaquer à d'autres espèces de papillons. Nous cherchons d'autres prédateurs, des insectes qui mangent naturellement la pyrale sans être intoxiqués.* » Aujourd'hui, seule une combinaison de techniques permet

de limiter les dégâts : installation de pièges à phéromones, pulvérisation d'une toxine (*Bacillus thuringiensis*) ou pose de nichoirs pour attirer certains oiseaux prédateurs comme les mésanges. Insuffisant devant le cyclone dévastateur des attaques. Une femelle pyrale pond en effet jusqu'à 1000 œufs au cours de sa vie et 3 à 4 cycles, correspondant à 3 ou 4 générations, se succèdent chaque année ! Ce sont les larves de la première génération qui, se réveillant lorsque les jours rallongent, mangent les feuilles du buis. Lorsqu'elles ont tout dévoré, elles s'attaquent à l'écorce.

Les prédateurs restent trop rares

Quel est l'avenir du buis dans ces conditions ? « *Derrière ce feu, on espère qu'un équilibre naturel sera trouvé*, explique Olivier Baubet, chef du pôle santé des forêts à la Direction régionale de l'agriculture et des forêts d'Auvergne-Rhône-Alpes. *Mais les prédateurs restent trop rares. Sur une défoliation entamée en 2015, nous atteignons plus de 60 % de mortalité. Certes, après les premières attaques, le buis forme des rejets et repart mais il finit par s'épuiser. Et nous craignons une nouvelle épidémie cette année.* »

Quant aux conséquences pour l'environnement, elles sont diverses : le buis très présent sur les coteaux secs retenait les sols qui seront fragilisés. Il contribuait à une ambiance forestière et l'état sanitaire des arbres peut en pâtir. Dans un autre domaine, l'artisanat qui utilise ce bois très dur et très solide s'inquiète. ■

Sylvie Briet

* Ainsi que « Biopyr », financée par la DRAFF Auvergne-Rhône-Alpes, et « Buis », coordonné par l'université de Tours.

LE MOT DU MOIS

Atlantification

Des chercheurs français et canadiens viennent de créer ce néologisme pour désigner le phénomène de modification d'un milieu par l'océan Atlantique. En l'occurrence, les caractéristiques de l'Atlantique Nord s'imposent aujourd'hui de plus en plus dans l'océan Arctique. À mesure que les températures augmentent et que la surface de la banquise diminue, les eaux de l'Atlantique gagnent le nord et s'écoulent à travers le corridor arctique européen, principale porte d'entrée de l'Arctique, puisque c'est par là que se font 80 % des échanges océaniques. Les masses d'eau atlantiques, plus chaudes, transportent avec elles des nutriments et des organismes planctoniques. Une nouvelle étude menée par des scientifiques du CNRS et de l'université Laval à Québec (Canada) a montré, grâce à des données altimétriques prises par satellite, que les vitesses de surface des courants dans cette région avaient quasi doublé au cours des 24 dernières années. ■ S. R.

Tchernobyl : les feux de forêts auront-ils un impact sanitaire ?

CONTEXTE. Depuis le 4 avril, plus de 20 000 hectares de forêts ont brûlé autour de la centrale nucléaire de Tchernobyl, en Ukraine, un territoire hautement contaminé par la catastrophe de 1986.

VOLODYMYR SHUVAYEV/AFP

Le feu s'est propagé dans la zone d'exclusion de la centrale accidentée il y a 34 ans.

Le feu s'est approché à moins de un kilomètre de la centrale de Tchernobyl. « *La conséquence d'une longue sécheresse et de vents forts* », explique Marc Gleizes, adjoint au directeur de l'environnement de l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire). Nombre d'ONG se sont inquiétées d'une possible remise du césium 137 en suspension dans l'atmosphère et de ses conséquences sanitaires.

Un « nuage » ténu a traversé nos frontières

De fait, des taux bien plus élevés que la normale de cet élément radioactif ont été mesurés à Kiev, à une centaine de kilomètres au sud. Du 9 au 11 avril, ont été enregistrés des pics de concentration de 470 microbecquerels par mètre cube ($\mu Bq/m^3$) selon l'IRSN (contre 6 $\mu Bq/m^3$ d'ordinaire). Par comparaison, la teneur de l'air en radon, le gaz qui émane des sols granitiques, est en moyenne de 90 Bq/m^3 dans nos habitations. « *On parle ici de quantités infinitésimales*, explique Marc Gleizes. *Pendant les incendies, un habitant de Kiev a inhalé quotidiennement 10^{-10} sieverts, alors que la dose acceptable dans le code de santé publique français est de 10^{-3} sieverts* [unité mesurant l'impact des rayonnements ionisants sur l'humain]. » Soit une inhalation 10 millions de fois moindre que la limite.

Mais quel impact pour la France ? Les fumées radioactives, portées par les vents, se sont d'abord dirigées vers la Biélorussie puis vers l'est de la Roumanie et de la Bulgarie avant d'atteindre l'Hexagone le 7 avril. Selon la Commission de recherche et d'information indépendantes sur la radioactivité (Criirad), les niveaux de contamination y ont été très faibles, presque en dessous du seuil de détection des capteurs (variable selon les modèles). Le « nuage » ne s'est donc pas arrêté à nos frontières mais a été ténu. À l'heure où nous bouclons cet article, en dépit de la reprise de certains foyers, les plus exposés à la radioactivité demeurent les pompiers, à la fois par l'inhalation des fumées et par l'exposition aux rayonnements des sols contaminés. ■

Sylvie Rouat

srouat1

www.sciencesetavenir.fr

Sciences et Avenir au quotidien

SANTÉ

L'actu en temps réel du Covid-19

UGO AMEZ/SIPA

Toute l'équipe de *Sciences et Avenir* est mobilisée pour vous informer au quotidien sur la situation de l'épidémie de coronavirus et les avancées scientifiques permettant de lutter contre le Covid-19. Avec un rendez-vous incontournable 7 jours sur 7, le point de 18 heures, qui reprend les infos essentielles de la journée : **sciav.fr/COVID19**

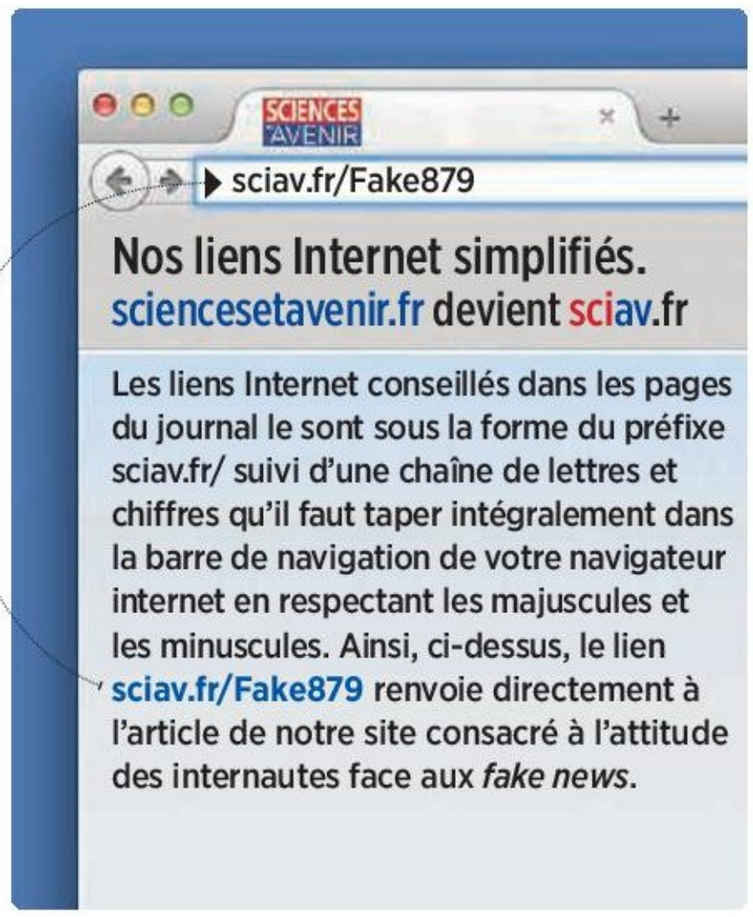
TECHNO

Les internautes et les *fake news* en ligne

Arnaud Devillard, rédacteur high-tech
adevillard@sciencesetavenir.fr

SHUTTERSTOCK

Face à la désinformation sur les réseaux sociaux, tout le monde n'est pas crédule, loin de là. Une étude de l'université de Washington, à Seattle, aux États-Unis, donne un premier aperçu de la manière dont les internautes perçoivent les contenus à la véracité douteuse. **sciav.fr/Fake879**



AKG IMAGES

ARCHÉOLOGIE

Jeu de balle : un terrain de 3400 ans

Bernadette Arnaud, grand reporter
@NarudaaArnaud barnaud@sciencesetavenir.fr

Vieux de 3400 ans, le second plus ancien terrain de jeu de balle connu en Amérique a été découvert sur le site d'Etlatongo, au Mexique, annonce une étude publiée par deux chercheurs de l'université George Washington (États-Unis) dans *Science Advances*. La partie se déroulait sur une surface rectangulaire d'une vingtaine de mètres de long, limitée des deux côtés par une plate-forme maçonnée. Deux équipes de deux à sept joueurs devaient se renvoyer une balle en caoutchouc, uniquement avec les hanches, les coudes, les avant-bras, les épaules ou les fesses. Ces rencontres étaient accompagnées de sacrifices humains. **sciav.fr/879Balle**

POUR TOUT SAVOIR DE LA SCIENCE

SI VOUS AVEZ...

2 minutes

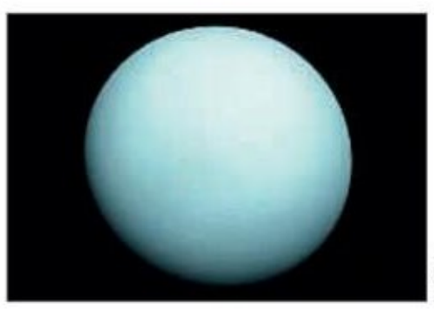
Archéo. L'ouverture du Grand Musée égyptien reportée

MINISTÈRE DES ANTIQUITÉS ÉGYPTIEN

L'inauguration du Grand Musée égyptien (GEM) du Caire, prévue pour l'automne, devra attendre, épidémie de coronavirus oblige. En attendant des visites virtuelles sont possibles. **sciav.fr/Egypte879**

10 minutes

Astro. L'inclinaison d'Uranus sur son axe expliquée

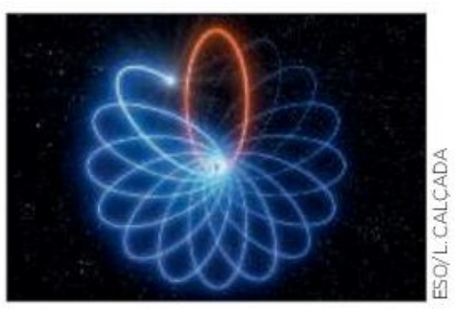


NASA

Les planètes du système solaire gravitent autour du Soleil dans la même direction et sur le même plan sauf Uranus, inclinée d'environ 98°. Cela pourrait résulter de l'impact d'un corps glacé. **sciav.fr/Uranus879**

15 minutes

Physique. La danse d'une étoile qui confirme Einstein



ESO/L. CALÇADA

Les observations du Very Large Telescope, situé au Chili, révèlent qu'une étoile proche du trou noir central de la Voie lactée se déplace comme le prédit la théorie de la relativité. **sciav.fr/Einstein879**

Vous êtes déjà 2 millions à nous suivre sur Facebook

CROISIÈRE

Antarctique, le paradis blanc

Exploration au cœur de l'empire des manchots

Du 2 au 15 novembre 2020

Manchots Adélie - Antarctique

Sylvain Mahuzier - *Guide polaire et naturaliste*

À bord du *World Explorer* (86 cabines)

Cap sur l'**Antarctique**, le paradis blanc ! À bord du *World Explorer* (86 cabines) et aux côtés de 5 guides d'expédition francophones, dont **Sylvain Mahuzier** (guide polaire et naturaliste), vous visiterez la péninsule, continent de l'extrême, grand comme 25 fois la France et couvert à 99 % de glace. Vous pourrez admirer la splendeur des **montagnes glacées** s'enfonçant dans l'océan et des **terres immaculées** qui abritent des millions de **manchots**, des **phoques** ou des **éléphants de mer**.

OFFRE SPÉCIALE **- 1 500 €/pers.** pour toute réservation avant le 31 mai 2020 (code REVE)

soit la croisière à partir de ~~13 990 €~~ **12 490 €/pers.*** au départ de Paris à bord du *World Explorer*

* Vols depuis Paris, pension complète, boissons (sélection), excursions, conférences et taxes inclus.
Départ de province possible : nous consulter.

Demandez la brochure au **01 75 77 87 48**, par e-mail à **contact@croisieres-exception.fr**, sur **www.croisieres-exception.fr/brochures** (code **ANTSA** à renseigner) ou chez votre agence de voyages habituelle.

Croisières d'exception

S'enrichir de la beauté du monde

* Se référer à la brochure pour le détail des prestations et les conditions générales de vente. Licence n°IM075150063. Les conférenciers seront présents sauf en cas de force majeure. Crédits photos : © iStock, © Grands Espaces et © Croisières d'exception. Création : nuitdepleinelune.fr

nouveau

Éveillez vos sens

AVEC LES CAPSULES L'OR ORIGINES

L'OR SANS DOUTE LE MEILLEUR CAFÉ DU MONDE

JACOBS DOUWE EGBERTS FR SAS | 810 029 413 RCS Paris | 30 bis, rue de Paradis - 75010 Paris - FRANCE | SAS au capital de 16 594 157,70 euros